



INSTITUTO UNIVERSITÁRIO EGAS MONIZ

MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA

ANATOMIA DIGITAL – A ARTE DA EVOLUÇÃO

Trabalho submetido por
Karyna Kolesnyk
para a obtenção do grau de Mestre em Medicina Dentária

setembro de 2021



INSTITUTO UNIVERSITÁRIO EGAS MONIZ

MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA

ANATOMIA DIGITAL – A ARTE DA EVOLUÇÃO

Trabalho submetido por
Karyna Kolesnyk
para a obtenção do grau de **Mestre** em Medicina Dentária

Trabalho orientado por
Professora Doutora Maria Alzira Cavacas

setembro de 2021

Agradecimentos

Em primeiro lugar, queria expressar o meu sincero agradecimento ao Instituto Universitário Egas Moniz, pela oportunidade de poder seguir o meu sonho de ser médica dentista, de um ensino de excelência acompanhado pelos melhores professores e profissionais. Aqui, aprendi e cresci muito.

Nunca terei forma de agradecer o suficiente à minha querida orientadora Prof. Dra. Maria Alzira Cavacas. Por todo o carinho, atenção, horas infinitas de auxílio e paciência. Devolhe muito.

Um agradecimento muito especial ao Prof. Paulo Mascarenhas, por todo o apoio, ajuda e dedicação nas horas de maior dificuldade.

Quero agradecer aos meus pais pela oportunidade de poder estudar numa faculdade de excelência, por todo o amor e suporte quando mais precisava. Não foi fácil a jornada, mas valeu tudo a pena. Sem vocês, nada disto seria real e possível.

Ao meu companheiro de vida, ao meu namorado que me apoiou e ajudou a crescer durante os 5 anos de faculdade, por todo o amor, apoio, compreensão e partilha. Obrigada por acreditares em mim. Sem ti, não estaria onde estou e não seria quem sou.

À minha colega de box, amiga para a vida toda, Marina Reis, quero agradecer-te por todos os almoços, todas as partilhas, todos os desesperos e todas as vitórias que conseguimos juntas. Desde o início, ao fim e para sempre.

Aos meus queridos sogros, Jorge e Madalena, por todo o suporte, todas as dicas, todos os amparos durante esta grande jornada. Obrigada pelo carinho, devo-vos muito.

Às minhas colegas de box e amigas do 5º ano, Mariana e Sofia, obrigada por um ano incrível e inesquecível.

À minha Celinha, que sempre me apoiou, incentivou, compreendeu e celebrou as minhas pequenas conquistas. Na realidade, essas conquistas são nossas. Um obrigada nunca chegará.

Resumo

Introdução: A anatomia é uma das ciências mais antigas que visa o estudo e organização das estruturas biológicas. Durante a sua evolução os métodos de ensino passaram por dissecações, ilustrações, fotografias, sistemas de imagem digital e modelos de plástico. A metodologia de ensino está a enfrentar uma mudança de paradigma, introduzindo uma abordagem multi-modal – a anatomia digital.

Objetivo: Esta revisão sistemática tem como objetivo responder à pergunta de investigação (*research-question*): Qual(is) o(s) método(s) mais eficaz(es) e acessível(is) de construção de estruturas anatómicas tridimensionais para a visualização tridimensional ética e acessível das estruturas anatómicas da cabeça e pescoço?

Métodos: Foi realizada uma revisão sistemática da literatura científica dos últimos 15 anos, através de uma pesquisa bibliográfica com base nos motores de pesquisa B-On, Cochrane Library, Google Scholar, PubMed e SciELO, com as palavras-chave “*anatomy*”, “*cross sectional anatomy*”, “*anatomic models*” e “*visible human projects*”.

Resultados: Obtiveram-se 487 artigos após a pesquisa estratégica para a revisão sistemática. Após a eliminação de duplicados, foram excluídos 193 artigos, após a leitura de título e resumo, foram excluídos 172 artigos. Após, a leitura íntegra excluíram-se 99 artigos. No total, foram incluídos 23 artigos para análise qualitativa. As principais ferramentas de obtenção de dados foram fotografias de cadáveres, RM e TC. Foram usados softwares separados e combinados. Apesar de algumas limitações, conseguiu-se a reconstrução tridimensional das estruturas pretendidas.

Conclusão: Não foi possível determinar o método mais eficaz e acessível de construção de estruturas anatómicas tridimensionais, apesar de existirem vários métodos bem-sucedidos. São necessários mais estudos de forma a determinar a composição e tamanho ideais da amostra, otimizar ferramentas para obtenção de dados; softwares, individualmente ou combinados, para reconstruir cada estrutura anatómica de forma acessível e precisa; finalmente, o desenvolvimento de uma árvore de decisão para determinação do protocolo ideal para cada estrutura.

Palavras-chave: anatomia, anatomia seccional, modelos anatómicos, modelos humanos digitais.

Abstract

Introduction: Anatomy is one of the oldest sciences aimed at the study and organization of biological structures. During its evolution its teaching methods have gone through dissections, illustrations in manuals, photographs, digital imaging systems and plastic models. Teaching methodologies of anatomy are facing a paradigm shift, introducing a multi-modal approach – digital anatomy.

Objective: The present systematic review aims to answer the research-question: which is / are the most efficient and accessible method(s) of reconstruction of tridimensional anatomical structures for tridimensional, ethical and accessible visualization of anatomical structures of head and neck?

Methods: A systematic review of the scientific literature of the past 15 years was made based on search engines such as B-On, Cochrane Library, Google Scholar, PubMed and SciELO, with MeSH key-words “*anatomy*”, “*cross sectional anatomy*”, “*anatomic models*” e “*visible human projects*”.

Results: 487 articles resulted after the strategic research for the systematic review. After eliminating duplicates, 193 articles were excluded, after reading the title and abstract, 172 articles were excluded. After a complete reading of the text, 99 articles were excluded. In total, 23 articles were included for qualitative analysis. As main data capture tools were photographs of cadavers, MR and CT. Separate or combined softwares were used. Despite some limitations, a three-dimensional reconstruction of the desired structures was made.

Conclusion: It hasn't been possible to determine the most effective and accessible method of reconstructing three-dimensional anatomical structures, although there are some evidently successful methods. More studies are needed in order to determine the optimal composition and size of the sample; tools needed to obtain sample data; software, individually or combined, to reconstruct each anatomical structure in an accessible and accurate way; finally, development of a decision tree to determine the ideal protocol for each structure.

Key-words: anatomy, cross sectional anatomy, anatomic models, visible human projects.

Índice

I. Introdução	13
1. Contextualização histórica.....	13
1.1 Estudos em cadáveres – legislação	14
1.2 Estudos 2D.....	20
1.3 Modelos 3D	21
1.4 Realidade Virtual.....	23
2. Anatomia Digital	23
3. Ferramentas de obtenção de dados	25
3.1 Ressonância Magnética	26
3.2 Tomografia computadorizada.....	26
3.3 Ressonância magnética vs Tomografia Computorizada.....	27
3.4 Outros	27
4. Problema e objetivo	28
II. Materiais e Métodos.....	29
1. Estratégia da pesquisa sistemática	29
2. Critérios de Inclusão	30
3. Critérios de Exclusão.....	30
4. Seleção de estudos	30
5. Recolha e processamento de dados	31
6. Avaliação do risco de enviesamento	31
III. Resultados.....	33
1. Resultados da pesquisa	33
2. Resultados da análise dos artigos selecionados	36
3. Resultados da avaliação do risco de enviesamento	42
4. Análise descritiva	44
IV. Discussão.....	67
V. Conclusão	75
VI. Bibliografia.....	77
Anexos	

Índice de figuras

Figura 1 – Tratado de anatomia humana	21
Figura 2 – Modelo 3D em plástico da cabeça e do pescoço.....	23
Figura 3 – Modelo 3D em plástico das vértebras cervicais.....	23
Figura 4 - Fluxograma da pesquisa de acordo com o PRISMA.....	35
Figura 5 – Gráfico de barras empilhadas da avaliação do risco de enviesamento	43

Índice de tabelas

Tabela 1 - Pesquisa estratégica através de 5 bases de dados universais. Resultado Total: trabalhos publicados até março de 2021. Resultado Parcial: trabalhos publicados desde março de 2006 até março de 2021 (últimos 15 anos)	34
Tabela 2 – Tabela de evidência dos artigos incorporados na revisão sistemática	36
Tabela 3 – Tabela com as perguntas utilizadas para fazer o risco de enviesamento	84
Tabela 4 – Checklist pela PRISMA 2020	85

Lista de siglas

AF: Adobe Flash.

AI: Adobe Illustrator.

AAP: Associação Anatômica Portuguesa.

AR: Adobe Reader.

BBP: Body Bequeathal Program.

BMP: Bitmap Image File.

CVisH: Chinese Visible Human.

CVirH: Chinese Virtual Human.

dcm2nii: Ferramenta que permite a conversão de formato de ficheiro .dcm no formato .nii no software MRlcro.

DICOM: Digital Imaging and Communications in Medicine.

DXF: Drawing Exchange Format.

ELACs: Ethmoidal Labyrinth Air Cells.

HTML: HyperText Markup Language.

JPG: Joint Photographics Group.

MB: Maya Binary.

MCS: Multi-Context Systems.

NifTI: Neuroimaging Informatics Technology Initiative.

NSIS: Nullsoft Scriptable Install System.

PDF: Portable Document Format.

PNG: Portable Network Graphics.

PSD: Photoshop Document.

RM: Ressonância Magnética.

STL: Stereolithography.

TAC: Tomografia Axial Computorizada.

TC: Tomografia Computorizada.

TIFF: Tagged Image File Format.

VFH: Visible Female Human.

VHP: Visible Human Project.

VHPP: Visible Human Project Female.

VE: Visible Ear.

VHSSV: Visible Human Slice and Surface Viewer.

VKH: Visible Korean Human.

VKP: Visible Korean Project.

VRML: Virtual Reality Modeling Language.

I. Introdução

1. Contextualização histórica

A anatomia (do grego ἀνατέμνω *anatemnō* "cortar em partes") é uma das ciências mais antigas que visa o estudo e organização das estruturas biológicas (Uhl *et al.*, 2021). Durante a sua evolução (ao longo dos séculos) os seus métodos de ensino passaram por dissecações, ilustrações em manuais, microscópios, fotografias, sistemas de imagem digital (Kapakin, 2011) e modelos tridimensionais de plástico (Erolin, 2019). Em adição, foram desenvolvidas técnicas que ajudassem a perceber a profundidade de ilustrações tridimensionais, uma delas é a técnica da estereoscopia (Erolin, 2019).

Contudo, entre alunos e, até mesmo, entre clínicos, existem lacunas no conhecimento da anatomia humana, o que tem influenciado a capacidade de fazer um correto diagnóstico, comprometido a prática clínica cirúrgica (Guimarães *et al.*, 2017) e o entendimento de imagiologia médica (Erolin, 2019).

O ensino clássico da anatomia humana consistia em dissecações, aulas com ajuda de atlas bidimensionais, manequins e casos clínicos (Murgitroyd *et al.*, 2014). Neste ensino, o professor tinha a função de explicar aos alunos as estruturas anatómicas e as suas relações espaciais, devendo os alunos prestar atenção e estudar através de livros e anotações. Esta abordagem é exigente e pode tornar-se cansativa e desmotivadora, visto que se estudam estruturas extensas e complexas tridimensionais através de material bidimensional (Silva *et al.*, 2017).

Porém, a metodologia de ensino da anatomia está a enfrentar uma mudança de paradigma, introduzindo uma abordagem multi-modal influenciada pelo desenvolvimento de computadores e das tecnologias relacionadas (Guimarães *et al.*, 2017). Pelo uso destes novos métodos relacionados com as ciências computacionais, os anatomistas deram contributos de excelência na ciência, medicina e educação (Kapakin, 2011).

Existem muitas ferramentas de processamento de imagens clínicas disponíveis para investigações e diagnósticos. Contudo, a maioria destas ferramentas não está disponível para aplicações locais, limitando a acessibilidade do software pela necessidade de

máquinas específicas. Consequentemente, o processamento da informação não é possível em todos os tipos de postos de trabalho (Kapakin, 2011).

1.1 Estudos em cadáveres – legislação

Os estudos em cadáveres foram sempre considerados como o *gold standard* para o ensino da anatomia humana (Darras *et al.*, 2018), para além da boa percepção espacial das estruturas, existe uma grande vantagem na percepção háptica das mesmas (Moore, Wilson, & Rice, 2016). Da mesma maneira que é a forma tradicional de ensino (Guimarães *et al.*, 2017), a dissecação de cadáveres é considerada como a assinatura da disciplina de anatomia (Singal *et al.*, 2020). Apesar da dissecação ainda ser a fonte primária de ensino da anatomia (Valenzuela *et al.*, 2019), devido aos avanços recentes das tecnologias na medicina, Darras *et al.* (2018) acreditam que a mesma deixará de ser a fonte primária para a simulação no estudo da anatomia, visto que não há forma de garantir os seus benefícios quando comparado com as novas tecnologias (Guimarães *et al.*, 2017).

Os benefícios do uso de cadáveres para o estudo da anatomia advêm da utilização de órgãos reais com variações e patologias (Murgitroyd *et al.*, 2014), sendo estas variações dificilmente reprodutíveis em modelos, tanto tradicionais como digitais (Erolin, 2019). Sendo uma experiência memorável, esta modalidade ajuda no processo da aprendizagem e memória das estruturas anatómicas (Murgitroyd *et al.*, 2014).

A maior desvantagem da dissecação de cadáveres é a aparência das estruturas anatómicas no *post mortem*. Visto que, as estruturas perdem volume, tornando-se difícil a sua identificação (exemplo: artérias e veias) (Darras *et al.*, 2018).

Um fator que limita as dissecações em cadáveres é a sua escassez e o acesso aos mesmos (Murgitroyd *et al.*, 2014). O reduzido número de doações e a friabilidade dos cadáveres leva alguns departamentos a abandonar essa prática (Erolin, 2019; Guimarães *et al.*, 2017). Para além disso, o uso de fixantes nos cadáveres afeta a qualidade dos seus tecidos e a dissecação destrói-o irreversivelmente (Murgitroyd *et al.*, 2014); acarretando riscos biológicos, como a doença do prião; químicos, como a toxicidade associada aos produtos fixantes e psicológicos nos alunos (Guimarães *et al.*, 2017).

Na prática, os cadáveres são pesados e difíceis de se posicionar. Isto limita a visualização de certas estruturas e obriga os alunos a encontrar outras formas de estudar anatomia, através de livros, plataformas online. Contudo, este tipo de abordagem é menos eficiente para a aprendizagem pois obriga à consulta de várias fontes (Darras *et al.*, 2018).

Um cadáver completo pode ser seccionado serialmente ao fazer cortes precisos do mesmo (Magiros *et al.*, 1997; Lozanoff *et al.*, 2003; Sora *et al.*, 2008 – citados por Shin *et al.*, 2011). Contudo, é difícil produzir cortes suficientemente pequenos que permitam o estudo de estruturas anatómicas de pequenas dimensões (Cook, 1997; Weiglein, 1997; Hwang *et al.*, 2006; Gould *et al.*, 2008 – citados por Shin *et al.*, 2011).

Devido às implicações éticas, a utilização de cadáveres em Portugal encontra-se regulada pelo Decreto-Lei 274/99, cujos aspetos mais relevantes podem ser consultados na página da Sociedade Anatómica Portuguesa - Associação Anatómica Portuguesa (SAP/APP), bem como o parecer da própria SAP/AAP sobre o assunto que resumimos abaixo:

“A dissecação do cadáver humano é uma prática indispensável na formação geral e especializada dos médicos e na investigação orientada para a compreensão dos fenómenos patológicos e para o aperfeiçoamento de métodos de diagnóstico e terapêutica. O cadáver representa, do ponto de vista anatómico, um incomparável manancial de peças, tecidos e órgãos de enorme interesse terapêutico, pelo que a sua utilização pode não só interferir no tratamento de muitas patologias, como também, em decorrência desta finalidade, constituir elemento essencial de didáctica da medicina; É legítima a dissecação de cadáveres humanos ou de partes deles, após a morte cárdio-respiratória, bem como a extração de peças, órgãos e tecidos, para fins terapêuticos, de investigação científica e de ensino, realizadas em estabelecimentos de ensino superior universitário nos quais se ministre o ensino de anatomia humana normal ou patológica e nos institutos de medicina legal.” (*in* Parecer sobre utilização dos cadáveres humanos para fins de ensino médico e a sua necessidade, pertinência e legitimidade, conselho nacional de ética para as ciências da vida, *in* Sociedade Anatómica Portuguesa - Associação Anatómica Portuguesa, 2021)

De seguida, é explicado sob que princípios e leis podemos utilizar os cadáveres.

“A utilização de cadáveres para fins de ensino e de investigação científica tem enfrentado consideráveis dificuldades decorrentes de um quase total vazio legislativo neste domínio. Com efeito, é já no ano de 1913 que se vai encontrar aquele que subsiste, ainda hoje, como o único diploma que permite enquadrar legalmente esta matéria: a Portaria n.º 40, de 22 de Agosto de 1913, que dispunha que «[...] ficam à disposição das Faculdades de Medicina, para seus estudos, os cadáveres dos falecidos nos hospitais, asilos e casas de assistência pública, os quais, dentro do prazo de doze horas, decorridas depois do falecimento, não sejam reclamados pelas famílias para procederem ao seu enterramento».” (Ministério da Justiça, Decreto-Lei nº274/99, 22 de junho de 1999, Diário da República – I Série-A, Nº169, p4522-4526, *in* Sociedade Anatómica Portuguesa - Associação Anatómica Portuguesa, 2021)

“(…) adota-se como princípio que os cidadãos nacionais, apátridas e estrangeiros residentes em Portugal que venham a falecer no País possam potencialmente ser sujeitos aos actos previstos na lei, salvo se tiverem manifestado em vida, junto do Ministério da Saúde, a sua oposição, ao mesmo tempo que se explicitam os prazos para a prática destes actos. Para além dos casos em que expressamente tenha sido declarado em vida, pelo próprio, a dádiva do seu cadáver para fins de ensino e investigação científica, entende-se, todavia, que a dissecação de cadáveres só pode ter lugar se, não tendo existido manifestação de oposição, a tal não se opuserem as pessoas a quem, para tanto, é conferida legitimidade.” (Ministério da Justiça, Decreto-Lei nº274/99, 22 de junho de 1999, Diário da República – I Série-A, Nº169, p4522-4526, *in* Sociedade Anatómica Portuguesa - Associação Anatómica Portuguesa, 2021)

“Por forma a não criar um ónus de dor acrescido às famílias, a dissecação do cadáver, que poderá implicar a retenção do corpo pelas entidades públicas já referidas até 15 dias, só é permitida se a pessoa não tiver manifestado em vida a sua oposição e o corpo não reclamado no prazo de vinte e quatro horas, após a tomada de conhecimento do óbito, pelos familiares com legitimidade para o efeito.” (Ministério da Justiça, Decreto-Lei nº274/99, 22 de junho de 1999, Diário da República – I Série-A, Nº169, p4522-4526, *in* Sociedade Anatómica Portuguesa - Associação Anatómica Portuguesa, 2021).

A utilização dos cadáveres só pode ser feita por entidades específicas, como é descrito abaixo.

“Os actos a que se refere o artigo anterior só podem ser realizados após a verificação do óbito efectuada por médico, nos termos da lei, nas escolas médicas das universidades, nos institutos de medicina legal, nos gabinetes médico-legais e nos serviços de anatomia patológica dos hospitais, mediante a autorização do responsável máximo do serviço.” (Ministério da Justiça, Decreto-Lei nº274/99, 22 de junho de 1999, Diário da República – I Série-A, Nº169, p4522-4526, *in* Sociedade Anatómica Portuguesa - Associação Anatómica Portuguesa, 2021).

O transporte do cadáver e o seu destino após a utilização é relatado nos parágrafos abaixo. “(...) as entidades que beneficiam cientificamente do estudo e investigação no cadáver serem as responsáveis por assegurar o transporte do cadáver do local em que se encontre depositado para as respectivas instalações e pela sua posterior devolução, sempre no respeito que aos restos mortais humanos é devido, e pela inumação ou cremação dos despojos de cadáveres dissecados que não aproveitem à sua reconstituição, e das peças, tecidos ou órgãos extraídos que não sejam conservados para fins de ensino e de investigação científica.” (Ministério da Justiça, Decreto-Lei nº274/99, 22 de junho de 1999, Diário da República – I Série-A, Nº169, p4522-4526, *in* Sociedade Anatómica Portuguesa - Associação Anatómica Portuguesa, 2021).

“Os despojos de cadáveres dissecados que não aproveitem à sua reconstituição e as peças, tecidos ou órgãos que não sejam conservados para fins de ensino e de investigação científica são inumados ou cremados, nos termos da lei, pelas entidades que procederam à respectiva dissecação ou extracção.” (Ministério da Justiça, Decreto-Lei nº274/99, 22 de junho de 1999, Diário da República – I Série-A, Nº169, p4522-4526, *in* Sociedade Anatómica Portuguesa - Associação Anatómica Portuguesa, 2021).

“O transporte de cadáveres do local em que se encontrem depositados para as instalações das entidades previstas no artigo 2.º e a sua posterior devolução devem ser efectuados nos termos da lei, de forma a assegurar o respeito que aos restos mortais humanos é devido, sendo os respectivos encargos suportados por aquelas entidades.” (Ministério da Justiça, Decreto-Lei nº274/99, 22 de junho de 1999, Diário da República – I Série-A, Nº169, p4522-4526, *in* Sociedade Anatómica Portuguesa - Associação Anatómica Portuguesa, 2021).

A falta de cadáveres, para as respetivas dissecações, influencia a qualidade no ensino na formação dos profissionais de saúde, tal é descrito no parágrafo abaixo.

“A carência de material humano para fins de ensino e investigação constitui uma realidade preocupante cuja dimensão tem aumentado drasticamente ao longo das últimas décadas, com substanciais e inevitáveis reflexos negativos no progresso das ciências da saúde e na formação dos profissionais desta área. A dissecação de cadáveres e a sua utilização para fins de ensino e de investigação científica assume efectivamente um papel essencial e insubstituível na didáctica das ciências da saúde, revestindo-se de incontestável importância no âmbito da formação geral e especializada dos profissionais da saúde e na evolução do conhecimento nesta área do saber. Tal prática, ao possibilitar um melhor conhecimento do organismo humano, a compreensão dos fenómenos patológicos e o aperfeiçoamento de métodos de diagnóstico e terapêutica, habilitará melhor o profissional a cuidar dos vivos, configurando-se como garantia da qualidade dos actos médicos e cirúrgicos e do seu aperfeiçoamento contínuo. Permitirá, ainda, que no estudante se desenvolva um processo educativo no âmbito de valores, de atitudes e de comportamentos essenciais para que o futuro profissional da saúde assuma na plenitude a sua missão, contribuindo em última análise para a promoção do bem-estar dos indivíduos e da sociedade em geral.” (Ministério da Justiça, Decreto-Lei nº274/99, 22 de junho de 1999, Diário da República – I Série-A, Nº169, p4522-4526, *in* Sociedade Anatómica Portuguesa - Associação Anatómica Portuguesa, 2021) .

“Não tem sido tranquila, no decurso da história da civilização ocidental, a questão relativa à utilização de cadáveres humanos, mesmo que para finalidades de indiscutível benefício social, como o da terapêutica e respectivo processo.

Em breve síntese histórica, reconhece-se a permanência da relutância na utilização dos cadáveres, o que não facilitou uma atitude de solidariedade social que conduzisse à dação dos mesmos. Entretanto, a sua imprescindibilidade tem obrigado a:

- a) Recorrer aos cadáveres de condenados;
- b) Dos não reclamados pelas famílias;
- c) Ao roubo e à compra.

Estas soluções, contudo, vêm sendo progressivamente rejeitadas. E para além da sua inadmissibilidade, quer num plano ético, quer normativo, sempre resultariam insuficientes.

a) É por isso que as instituições de ensino e prática da medicina se vêem hoje gravemente confrontadas com um claro défice de cadáveres, para muitos efeitos indiscutivelmente insubstituíveis, não chegando a atingir, em algumas delas, a média de um cadáver por ano.” (Parecer sobre utilização dos cadáveres humanos para fins de ensino médico e a sua necessidade, pertinência e legitimidade, conselho nacional de ética para as ciências da vida, *in* Sociedade Anatômica Portuguesa - Associação Anatômica Portuguesa, 2021).

Existe um sistema de documentação da identificação e utilização dos cadáveres. O mesmo é relatado no parágrafo abaixo.

“1 — As entidades autorizadas a proceder aos actos regulados neste diploma devem criar um sistema de documentação, procedendo ao registo em suporte próprio do serviço, de modo a permitir a rigorosa identificação:

a) Dos elementos de identificação do cadáver, quando deles houver conhecimento;

b) Da referência a todo o processo de utilização do cadáver, desde a sua proveniência até ao seu destino;

c) Do nome do responsável máximo do serviço que autorizou a realização dos actos referidos no artigo 1.º ;

d) Dos actos realizados, nomeadamente das peças, tecidos e órgãos extraídos;

e) Dos actos a que se refere o artigo 18.º

2 — Nos termos da alínea a) do número anterior, são recolhidos os seguintes elementos de identificação:

a) Nome;

b) Sexo;

c) Data de nascimento;

d) Naturalidade;

e) Residência;

f) Número do bilhete de identidade.

3 — Nas situações em que se desconheçam os elementos de identificação referidos no número anterior, o serviço procede ao arquivo de um registo fotográfico do cadáver, bem como à recolha de amostras para estudos genéticos, tendo em vista a sua identificação futura.

4 — Os dados podem ser utilizados para fins de ensino, elaboração de trabalhos de investigação científica e recolha de dados estatísticos, desde que não sejam identificáveis as pessoas a que respeitam.” (Ministério da Justiça, Decreto-Lei nº274/99, 22 de junho de 1999, Diário da República – I Série-A, Nº169, p4522-4526, *in* Sociedade Anatómica Portuguesa - Associação Anatómica Portuguesa, 2021)

Aquando da utilização de cadáveres é praticado o sigilo profissional, como descrito abaixo.

“Quem, no exercício das suas funções, tomar conhecimento de dados registados no sistema de documentação fica obrigado a sigilo profissional, nos termos do artigo 17.o , n.o 1, da Lei n.o 67/98, de 26 de Outubro.” (Ministério da Justiça, Decreto-Lei nº274/99, 22 de junho de 1999, Diário da República – I Série-A, Nº169, p4522-4526, *in* Sociedade Anatómica Portuguesa - Associação Anatómica Portuguesa, 2021)

1.2 Estudos 2D

O ensino da anatomia ainda passa pela consulta de livros como tratados e atlas da anatomia humana (Kapakin, 2011). Um exemplo de um tratado antigo encontra-se na **Figura 1**.

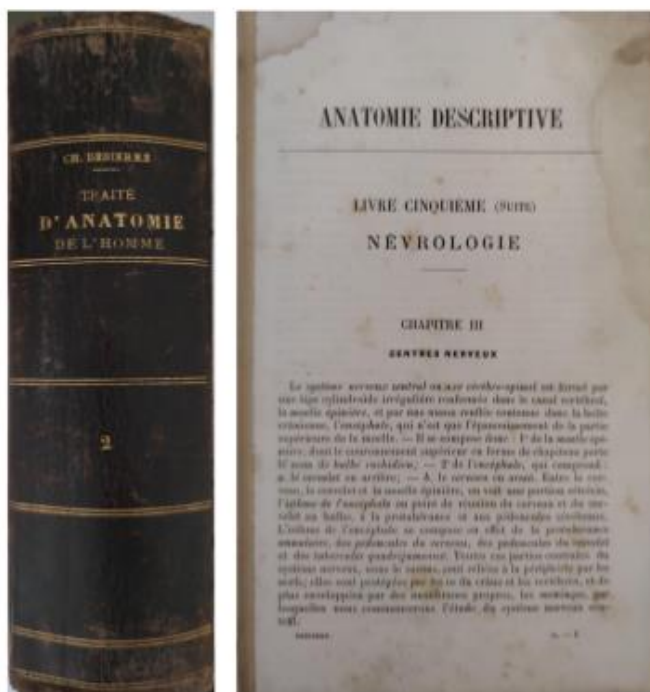


Figura 1 – Tratado de anatomia humana.

Num atlas de anatomia seccional, é difícil o acompanhamento de estruturas pequenas (exemplo: artéria coronária), por nem sempre haver imagens suficientes para acompanhar todo o trajeto e as relações dessas estruturas com outros órgãos. Apesar de algumas dessas estruturas serem identificadas no atlas, algumas delas são só perceptíveis após a respetiva segmentação (Spitzer and Whitlock, 1997; Zhang *et al.*, 2004; Tang and Dai, 2006; Cho, 2009 – citados por Shin *et al.*, 2011).

Clemente (2010) refere que a informação anatômica e clínica num ficheiro *Portable Document Format* (PDF) é idêntica a um livro (como citado em Park *et al.*, 2013).

Uma desvantagem da anatomia seccional tradicional é que uma secção é vista numa só direção, seja no plano transversal, coronal ou sagital. Contudo, em ambiente clínico, as secções podem estar em direções arbitrárias. Por esse motivo, é necessário entender a anatomia em todos os planos e ângulos, para que se possam interpretar imagens clínicas (exemplo: radiografias) e, também, para que se entenda a localização das estruturas adjacentes (Li *et al.*, 2014).

1.3 Modelos 3D

Os modelos 3D do corpo humano são uma forma suplementar viável para a visualização da anatomia humana, semelhante à anatomia mais realista (Fasel *et al.*, 2015). São altamente duráveis e de um custo pequeno. Estes modelos ajudam a introduzir o estudo das relações espaciais de estruturas anatômicas complexas somente com a informação mais relevante, independentemente da sua baixa fidelidade (Guimarães *et al.*, 2017). Nas **Figuras 2 e 3** encontram-se exemplos de modelos 3D.



Figura 2 – Modelo 3D em plástico da cabeça e do pescoço.

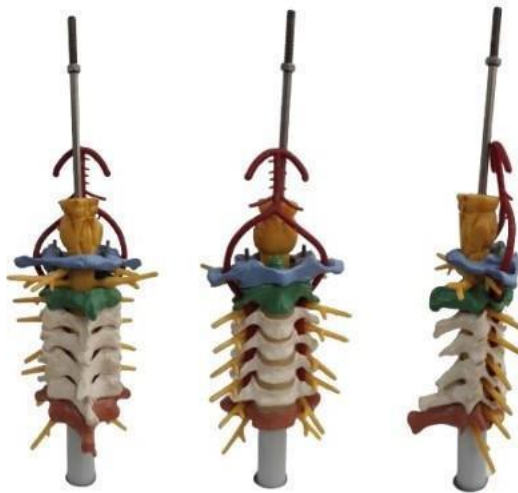


Figura 3 – Modelo 3D em plástico das vértebras cervicais.

Um dos pontos mais importantes na aprendizagem da anatomia através de modelos tridimensionais é o facto de que um aluno só consegue interpretar imagens seccionais bidimensionais se souber a anatomia respetiva. Por outras palavras, alunos que tenham conhecimentos de anatomia regional, devido às dissecações, mais facilmente conseguem entender anatomia seccional. O estudo da anatomia tridimensional prepara os alunos para futuras interpretações clínicas de exames complementares de diagnóstico como ressonância magnética (RM) ou tomografia computadorizada (TC) (Shin *et al.*, 2011).

1.4 Realidade Virtual

A realidade virtual é um termo popular contemporâneo que remete para o uso de computadores para criar um ambiente de simulação interativo com um objeto artificial (Erolin *et al.*, 2019), no caso da anatomia, um simulador de estruturas tridimensionais (Trelease, 2016), que pode ser transmitido através de um software de computador ou um website (Erolin *et al.*, 2019).

Novos avanços em tecnologia e radiologia possibilitaram a invenção de novas ferramentas de ensino como a dissecação virtual, o que fornece aos alunos novas oportunidades de ensino (Darras *et al.*, 2018). Várias instituições têm explorado a realidade virtual, com modelos virtuais, como um objeto de interação com os alunos (Erolin *et al.*, 2019).

A dissecação virtual é uma área que se encontra em ascensão e é de interesse para os professores, alunos, radiologistas e anatomistas. Darras *et al.* (2018), acreditam que esta abordagem pode ultrapassar várias barreiras que se encontram na dissecação de cadáveres.

Uma vantagem da dissecação virtual é que ela pode ser feita a partir de imagens de RM ou TC que são feitas em pessoas vivas (Darras *et al.*, 2018; Erolin, 2019). Isto permite uma noção mais realista das relações espaciais e dos volumes das estruturas anatómicas (Guimarães *et al.*, 2018). Outra vantagem da dissecação virtual é que ela pode ser repetida inúmeras vezes, o que não acontece com a dissecação de cadáveres que são de utilização única (Guimarães *et al.*, 2018). Por outro lado, uma potencial desvantagem desta nova tecnologia é a perda da capacidade háptica. Contudo, essa desvantagem não é considerada como algo crítico, visto que os alunos terão a oportunidade de sentir as estruturas anatómicas na sala operatória durante o treino (Darras *et al.*, 2018).

2. Anatomia Digital

A anatomia digital surgiu com o objetivo de complementar o ensino da anatomia clássica. Cada vez é mais difícil obter cadáveres e conseguir preservá-los para a dissecação e estudo, devido a conflitos legais, éticos e/ou religiosos (Erolin, 2019; Prat *et al.*, 2016; Uhl, Huerta, & Delmas, 2019). Ainda, Moore *et al.* (2016) acreditam que instituições com um programa anatómico limitado e acesso limitado às dissecações de cadáveres podem beneficiar bastante com a anatomia digital. Portanto, a anatomia digital deve ser

percecionada como um complemento e não como uma alternativa à anatomia tradicional, de forma a obter uma aprendizagem mais completa (Erolin *et al.*, 2019).

Para além da limitação das dissecações de cadáveres, surgiram novas dificuldades no ensino da anatomia humana – pandemia mundial (COVID-19). Durante o confinamento os alunos não tiveram oportunidade de fazer dissecações em cadáveres, limitando muito a sua prática. Por este motivo, é de salientar a importância da anatomia digital na nova realidade que estamos a viver (Singal *et al.*, 2020).

A anatomia virtual, usando estereoscopia baseada em computador, surgiu nos anos 90 (Trelease, 2016).

A anatomia digital visa proporcionar modelos 3D de todas as partes do corpo humano e é observável numa realidade virtual, através de plataformas online e em tempo real. Estas permitem, por exemplo, ampliar, rodar, dissecar, imprimir os modelos para posterior estudo anatómico e treinar as técnicas cirúrgicas (Uhl *et al.*, 2019).

A grande questão e dificuldade é no modo como conseguimos reproduzir o corpo humano em 3D. Até ao momento, vários projetos, em diferentes partes do mundo, foram ou estão a ser desenvolvidos. Destacam-se como exemplos: *Visible Human Project* (VHP), *Visible Korean Human* (VKH), *Chinese Visible Human* (CVisH), *Human Dissection Models*. Estas investigações proporcionam um banco de imagens do corpo humano, explicando várias técnicas que os autores utilizaram para transformar esta informação em modelos anatómicos tridimensionais (González *et al.*, 2019; Park, Chung, & Hwang, 2006; Tang, Chung, & Liu, 2010). O objetivo desses projetos a longo prazo é conectar dados anatómicos imagiológicos, aplicações de software, visualizações tridimensionais com dados baseados em texto de tratados anatómicos, numa única fonte de informação para profissionais de saúde, alunos e acessível a qualquer pessoa (Jastrow & Vollrath, 2003 – citado por Erolin, 2019).

A anatomia seccional bidimensional só pode ser ensinada a alunos que conheçam bem a anatomia tridimensional de partes do corpo humano. Ou seja, alunos familiarizados com regiões anatómicas de dissecações cadavéricas estão mais capacitados para entender

anatomia seccional. Isto é importante para que, futuramente, consigam interpretar RM e TC aquando da prática clínica (Khalil *et al.*, 2005, 2008 – citados por Shin *et al.*, 2011).

É frequente os estudantes de anatomia terem dificuldade em entender as relações espaciais das estruturas visto que, durante as dissecações de cadáveres, se observa tudo numa só orientação, direção ou plano. Contudo, na anatomia digital, quando transferimos a informação para softwares específicos, podemos obter uma visualização tridimensional. Devido à falta de modelos interativos e tridimensionais, é difícil, para a maioria dos estudantes, compreender as relações espaciais das estruturas (Li *et al.*, 2014).

A reconstrução da anatomia humana tem um valor muito grande para o entendimento de relações espaciais entre estruturas anatómicas difíceis e para o estudo de técnicas cirúrgicas e simulações de operações. A forma ideal de reconstrução de estruturas anatómicas ainda não foi totalmente realizada (Chen *et al.*, 2003; Dong *et al.*, 2003 – citados por Li *et al.*, 2006).

Nos últimos anos, para melhorar a execução de cirurgias e diminuir o manuseamento incorreto, os simuladores de cirurgia têm sido amplamente estudados e utilizados (Oliker *et al.*, 2012 – citado por Liu *et al.*, 2013). Portanto, as simulações cirúrgicas permitem aos alunos praticar e melhorar as suas habilidades cirúrgicas a um baixo custo e com a variedade de diferentes cenários cirúrgicos, que não seriam duplicáveis numa sala operatória (Nakabayashi and Shimizu, 2012 – citados por Liu *et al.*, 2013).

Inclusive foi feito um estudo por Triepels *et al.* (2019) onde os autores referem que os métodos de ensino baseados em computador, realidade virtual e ensino tridimensional, são mais eficazes no ensino da anatomia quando comparado com a anatomia tradicional. Ainda, os estudantes referiram que preferem aprender as estruturas anatómicas com a utilização de ferramentas tridimensionais (Triepels *et al.*, 2019).

3. Ferramentas de obtenção de dados

Nos anos 70, foram desenvolvidos dois exames complementares de diagnósticos que tiveram um impacto tremendo no diagnóstico e tratamento de várias condições – a RM e a TC (Trelease, 2016; Erolin, 2019). Ambos os exames são guardados em ficheiro *Digital*

Imaging and Communications in Medicine (DICOM), que é a norma internacional para transmitir, guardar, recuperar, imprimir, processar e mostrar informações da imagiologia médica. Estes exames podem ser usados para criar modelos anatômicos tridimensionais (Erolin, 2019).

3.1 Ressonância Magnética

A RM é um exame complementar de diagnóstico que produz imagens tomográficas, de corte fino, de tecidos. Para tal, é utilizado um campo magnético e ondas de rádio. As imagens são produzidas através dos algoritmos dos computadores, que analisam a oscilação dos prótons dentro dos tecidos após a aplicação do campo magnético, produzindo, desta forma, imagens anatômicas detalhadas.

Com a utilização da RM, conseguimos observar tecidos moles e gordura, assim como, tumores, inflamação e trauma.

As desvantagens da RM são a influência do campo magnético sobre dispositivos metálicos implantados no corpo, a claustrofobia do paciente e reações adversas ao contraste, que é um derivado de gadolínio (Kocak, 2021).

Moore *et al.* (2016) referem que a RM não pode ser realizada em cadáveres que se encontrem plastinados, visto que o corpo não terá hidratação suficiente para gerar um sinal à RM devido aos processos da plastinação.

3.2 Tomografia computadorizada

A TC, antigamente chamada de tomografia axial computadorizada (TAC), é um exame complementar de diagnóstico que consiste numa fonte de raio X e um detetor dos mesmos que giram em torno do paciente, registrando os raios X que passam pelo corpo. Geralmente, o detetor de raio X tem 4 a 64 ou mais linhas de sensores. A informação recolhida é transformada pelos algoritmos dos computadores em imagens bidimensionais, que consistem em cortes transversais do corpo. Essas imagens podem ser utilizadas para construir imagens tridimensionais.

Para a realização de uma TC pode ser necessário recorrer ao uso de contrastes iodados, que produzem imagens mais radiopacas.

A TC oferece uma diferenciação precisa entre as várias densidades dos tecidos moles, tais como, músculo, tecido adiposo, tecido ósseo e tecido nervoso (Kocak, 2021). Este exame complementar de diagnóstico é particularmente valioso aquando da visualização de tecido denso (exemplo: osso) e avaliação de traumas (Trelease, 2016).

As desvantagens da TC são a radiação a que o paciente é submetido, que é aproximadamente 300 a 400 vezes a quantidade da radiação usada numa radiografia simples, e as reações adversas ao contraste. Deve ser evitada em grávidas e crianças (Kocak, 2021).

3.3 Ressonância magnética vs Tomografia Computorizada

A RM é preferível à TC quando a resolução de tecidos moles precisa ser alta e detalhada (por exemplo, para avaliar alterações da medula espinal ou intracranianas ou para avaliar suspeita de tumores musculoesqueléticos, inflamação, trauma ou alterações articulares) e em caso de risco da realização da TC, como por exemplo, em gestantes ou pacientes que tenham tido reações adversas a meios de contraste iodados (Kocak, 2021).

3.4 Outros

- **Digitalização de superfície**

Existe um mercado grande de digitalizadores de superfície disponíveis. Contudo, na área da reconstrução tridimensional de objetos, os mais usados são os digitalizadores de laser ou de tecnologia de luz estruturada. Os digitalizadores de laser geram imagens tridimensionais através de um processo chamado triangulação trigonométrica. O laser é apontado para o objeto e o seu reflexo é captado por um ou mais sensores que guardam as alterações de superfície e distância da linha do laser na medida que este se move (Erolin, 2019).

▪ **Fotogrametria**

A fotogrametria é uma ciência aplicada que usa fotografias bidimensionais para representar um objeto em 3D (Petrieceks, 2018).

Na fotogrametria, tiram-se fotografias bidimensionais de um objeto estático de vários ângulos e, posteriormente, as mesmas são sobrepostas com o uso de um software para gerar uma reconstrução tridimensional desse mesmo objeto (Petrieceks, 2018). O software, por sua vez, faz as medições entre pontos correspondentes e, desta forma, permite a reconstrução tridimensional de um objeto (Erolin, 2019).

▪ **Modelação Digital**

A modelação digital combina tecnologia e biociência (Yu *et al.*, 2015). Nesta metodologia, é criado de base um modelo tridimensional digital usando um, ou mais, software(s). Existem várias técnicas para a criação de modelos tridimensionais usando esta metodologia, como por exemplo, “*box modelling*” e “*digital sculpting*” (Erolin, 2019).

4. Problema e objetivo

O objetivo desta revisão sistemática é fazer um levantamento da evidência científica disponível sobre as ferramentas digitais mais eficaz(es) e eficiente(s) de conversão dos conhecimentos anatómicos convencionais em modelos digitais tridimensionais, de modo a tornar o ensino da anatomia mais dinâmico, acessível, ético e inovador. Esta inovação confere aos seus estudantes uma perspectiva anatómica mais realista e rigorosa do que os modelos bidimensionais, permitindo a realização de cortes reversíveis em vários planos espaciais, sem a necessidade de substituição da estrutura para realização de um novo estudo. Por outro lado, este método de ensino é econômica, geográfica e tecnologicamente acessível, motivador e propício à adesão dos estudantes mais jovens.

Para cumprir este objetivo foi realizada uma pesquisa bibliográfica sistemática, abordando as técnicas desenvolvidas até ao momento e comparando-as entre si posteriormente.

II. Materiais e Métodos

A presente revisão sistemática, acerca da Anatomia Digital: a Arte da Evolução seguiu as diretrizes PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*).

De acordo com as diretrizes PRISMA, definiu-se a pergunta de investigação de acordo com a nomenclatura PICO (*Problem, Intervention, Control, Outcome*):

- Problema - “ferramenta digital para a visualização tridimensional das estruturas anatómicas”,
- Intervenção - “digitalização tridimensional ética e acessível das estruturas anatómicas da cabeça e pescoço”,
- Controlo - “não aplicável”
- Resultado (*outcome*) - “avaliação da eficácia do(s) método(s) e da acessibilidade de construção de estruturas anatómicas tridimensionais da cabeça e pescoço”.

Esta revisão sistemática tem como base responder à seguinte pergunta de investigação (*research-question*): Qual(is) o(s) método(s) mais eficaz(es) e acessível(is) de construção de estruturas anatómicas tridimensionais para a visualização tridimensional ética e acessível das estruturas anatómicas da cabeça e pescoço?

1. Estratégia da pesquisa sistemática

Para a elaboração desta revisão sistemática, será feita uma revisão de literatura científica dos últimos 15 anos, através de uma pesquisa bibliográfica com base nos motores de pesquisa *B-On*, *Cochrane Library*, *Google Scholar*, *PubMed* e *SciELO*.

Durante a pesquisa aplicaram-se as palavras-chave referentes ao tema (*anatomy, cross sectional anatomy, anatomic model, visible human projects*) individualmente. Seguidamente foram combinadas entre si com o intuito de se obter uma melhor perceção dos estudos pertinentes para a revisão sistemática da literatura.

Nas bases de dados *B-on*, *Cochrane Library*, *Google Scholar*, *PubMed* e *SciELO* aplicaram-se operadores booleanos tais como *AND*, *OR* e/ou *NOT*, de forma a obter

combinações necessárias para a pesquisa objetivada (Cochrane Effective Practice and Organisation of Care, 2019). O algoritmo resultante de pesquisa estratégica para a revisão sistemática está reportado na **Tabela 1** na secção de resultados.

2. Critérios de Inclusão

Foram selecionados os estudos que cumpriam a totalidade dos seguintes critérios.

- Estudos publicados, no máximo, há 15 anos;
- Estudos em inglês;
- Estudos em humanos;
- Metodologia clara e reprodutível;
- Anatomia de cabeça e pescoço.

3. Critérios de Exclusão

Foram excluídos os estudos que correspondessem a qualquer dos seguintes critérios.

- Estudos em animais;
- Metodologia incompleta.

4. Seleção de estudos

A aplicação dos critérios de inclusão dos artigos resultantes da pesquisa fez-se em duas partes. Na primeira parte fez-se a eliminação de duplicados, seguida de análise de artigos somente pelo título e resumo. Posteriormente, numa seleção de artigos mais reduzida, realizou-se a leitura integral do texto, com o intuito de averiguar se estes artigos cumpriam os critérios de inclusão e exclusão estipulados anteriormente, que resultou em artigos que seguiram para a análise qualitativa.

Foram incluídos, adicionalmente, artigos que se encontravam na lista de referências e que foram considerados relevantes para o estudo. Os artigos que não cumpriam rigorosamente os critérios de inclusão referidos anteriormente foram excluídos, ao passo que, os artigos que satisfaziam os critérios de inclusão foram selecionados e analisados e as informações mais relevantes dos mesmos foram registadas.

5. Recolha e processamento de dados

Os dados recolhidos dos diferentes estudos incluídos foram os seguintes: autores; data de publicação; projetos usados; forma de informação recolhida (cadáver, RM e/ou TC); tamanho da segmentação; parte corporal estudada; programa usado para a edição das imagens; software(s) usado(s) para a criação de modelos anatómicos tridimensionais.

6. Avaliação do risco de enviesamento

Para uma correta interpretação do parâmetro de interesse a avaliar e de forma a impedir a sua sobrevalorização e subvalorização, é essencial a avaliação do risco de viés.

A avaliação de qualidade foi realizada por dois investigadores independentes. Para investigações primárias de estudos qualitativos, foi usado o *Critical Appraisal Skills Program Checklist 2018* (Critical Appraisal Skills Programme, 2021). Qualquer discordância entre os resultados foi resolvida pela discussão com um terceiro investigador.

Encontra-se, em anexo, a **Tabela 3** referente ao risco de enviesamento e constituída por 10 perguntas. Cada uma destas perguntas foi “listada” como “Sim” (*yes*) e “Não” (*no*), sendo “Sim” (*yes*) considerado baixo risco de viés e, em contrapartida, o “Não” (*no*) considerado alto risco de viés.

Os resultados obtidos destas perguntas foram seguidamente colocados sobre forma de gráfico de barras empilhadas e tabela de dupla entrada, realizados com recurso aos programas Microsoft Excel e Robvis (McGuinness & Higgins, 2020).

III. Resultados

1. Resultados da pesquisa

Após a aplicação do algoritmo elaborado para a presente revisão sistemática, obtiveram-se os resultados reportados na **Tabela 1**.

Tabela 1 – Pesquisa estratégica para a revisão sistemática.

Termos Utilizados	Pubmed		B-on		Google Scholar		Cochrane Library		SciELO	
	Resultado Total	Resultado Parcial	Resultado Total	Resultado Parcial	Resultado Total	Resultado Parcial	Resultado Total	Resultado Parcial	Resultado Total	Resultado Parcial
1. Anatomy	3026711	1682393	1819707	1418087	4940000	2130000	6401	6401	4759	3942
2. Anatomic model	31700	21431	203811	171189	2080000	17800	75	75	61	54
3. Cross sectional anatomy	11148	7411	123181	105540	1830000	601000	3	3	107	104
4. Visible Human Projects	265	221	722143	585568	2810000	26000	1	1	14	13
5. (1 OR 2) AND 3	156	74	1519	1519	7860	4370	3	3	10	10
6. (1 OR 2) AND 4	185	160	175	163	186	158	1	1	8	8
7. (1 OR 3) AND 4	185	160	171	159	188	157	1	1	8	8
8. 3 AND 4	7	7	26	25	38	27	1	1	4	4
9. (1 OR 2 OR 4) AND 3	156	74	2106	1524	7860	4370	3	3	10	10
10. (1 OR 2 OR 3) AND 4	185	160	177	165	184	153	1	1	8	8

Foram identificadas 487 referências no total. Em seguida, exportaram-se todos os artigos para o Mendeley e eliminaram-se os duplicados, restando 294 artigos. Depois da leitura do título e *abstract* foram excluídos, adicionalmente, 172 artigos, ficando 122. Finalmente, após a leitura completa e ponderada de cada um dos 122 artigos, de acordo com os critérios de inclusão, eliminaram-se 99 artigos, restando 23 artigos que foram incluídos na revisão sistemática, tal como se pode observar na **Figura 4**.

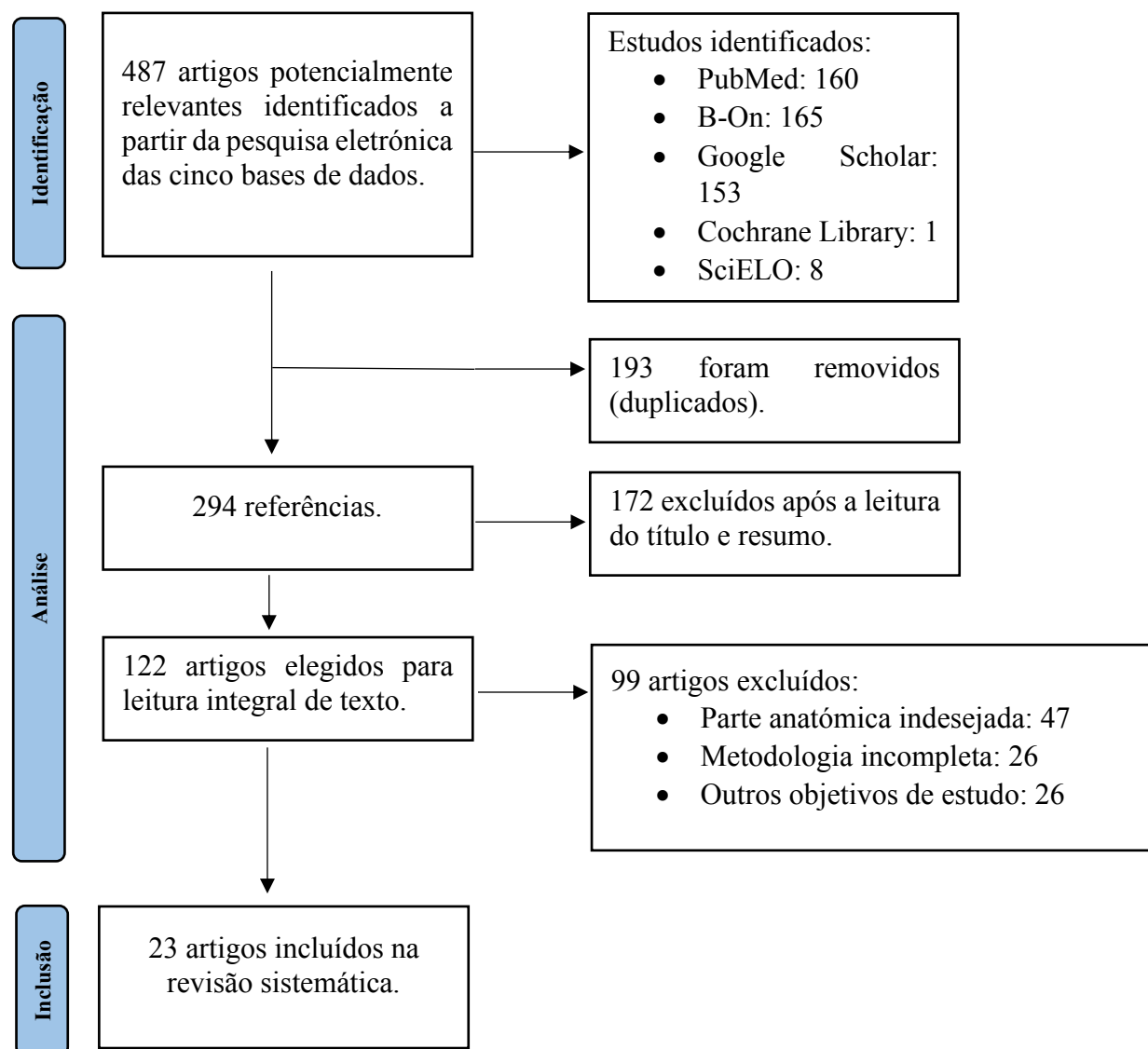


Figura 4 – Fluxograma da pesquisa de acordo com o PRISMA.

2. Resultados da análise dos artigos selecionados

Para se tentar concluir se existe forma de construção de modelos anatômicos tridimensionais de forma acessível e eficaz, foram analisados vinte e três artigos científicos através da pesquisa sistemática.

Na **Tabela 2**, construída com base nos dados recolhidos e nas conclusões daqueles artigos, verifica-se que para objetivos idênticos, foram usadas soluções de software diferentes, de acordo com a sua disponibilidade e experiência dos autores dos estudos.

Tabela 2 - Tabela de evidência dos artigos incorporados na revisão sistemática.

Autor/ Ano (Referência)	Projeto	População	Cadáver / RM /CT	Segmentação	Parte corporal	Edição Imagem	Software
Yeung <i>et al.</i> , 2011	<i>Visible Human Project</i>	Cadáver feminino	Cadáver + TC	0.33 mm	Nervos cranianos	Adobe Fireworks CS4 (Adobe Systems Inc., San Jose, CA) + Adobe Illustrator CS4 (Adobe Systems Inc., San Jose, CA).	Amira 5.0 (Visage Imaging, Inc., San Diego, CA).
Ribaupierre & Wilson, 2012	<i>Visible Human Project Female</i>	Cadáver feminino (59 anos)	Cadáver	0.33mm	Osso temporal	Adobe Photoshop CS3 , San Jose, CA.	Amira 5.0 (Mercury Computer System, Chemsford, MA).
Park <i>et al.</i> , 2013	<i>Visible Korean Project</i>	Cadáver masculino (67 anos, 1.62cm, 45kg, paragem cardiorrespiratória, miastenia gravis)	Cadáver	0.1 mm	Pavilhão auricular	Photoshop CS5 version 12 (Adobe Systems Inc., San Jose, CA).	Software próprio . The C# language of Microsoft Visual Studio .NET 2003 (Microsoft Corporation, Redmond, WA)) + Maya + Right Hemisphere Deep Exploration Standard (San Ramon, CA) + 3D Reviewer + Acrobat 9.0 Pro Extended (Adobe Systems, Inc., San Jose, CA) + Adobe Reader versão 9 .

Tabela 2 - Tabela de evidência dos artigos incorporados na revisão sistemática. (continuação)

Autor/ Ano (Referência)	Projeto	População	Cadáver / RM /CT	Segmentação	Parte corporal	Edição Imagem	Software
Kim <i>et al.</i> , 2015	Projeto próprio	Sem informação	Cadáver	0.1 mm	Área maxilo-facial	Photoshop CS5 (Adobe Systems Inc., San Jose, CA).	The C# language of Microsoft Visual Studio, NET 2003 (Microsoft Corporation, Redmond, WA) + Mimics version 17.0 (Materialise, Leuven, Belgium) + Maya version 2012 (Autodesk, Inc., San Rafael, CA) + 3D Reviewer + Acrobat 9.0 Pro Extended (Adobe Systems, Inc., San Jose, CA, USA).
Park <i>et al.</i> , 2010	<i>Visible Korean Project</i>	Cadáver masculino (67 anos, 1.62cm, 45kg, paragem cardiorrespiratória, miastenia gravis)	Cadáver	0.1 mm	Giro cerebral	Adobe Photoshop CS3 version (Photoshop).	MRicro (www.mricro.com, version 1.4) + Autodesk Maya version 2009.
Chung & Park, 2020	<i>Visible Korean Project</i>	Sem informação	Cadáver + RM	0.1 mm	Tratos palidotálâmic os	Adobe Photoshop (Adobe systems, Inc., San Jose, CA).	Mimics versão 17 + Adobe Photoshop (Adobe Systems, Inc., San Jose, CA) + Mimics version 17 + Maya 2018 (Autodesk Inc., San Rafael, CA) + Deep Exploration 6.3 (Right Hemisphere, Fremont, CA).
Shin <i>et al.</i> , 2012a	<i>Visible Korean Project</i>	Cadáver masculino (67 anos, 1.62cm, 45kg, paragem cardiorrespiratória, miastenia gravis)	Cadáver + RM	0.1 mm	Cabeça	Photoshop CS3 (version 10; Adobe Systems, Inc, San Jose, CA).	Método 1 e 2: 3D-DOCTOR (version 4; Able Software, Corp, Lexington, MA).
							Método 3: Adobe Illustrator (AI) + Maya (version 7.0, Autodesk, Inc, San Rafael, CA) + Rhinoceros (version 3.0; McNeel North America, Seattle, WA).
							Método 4: Maya + Rhinoceros.

Tabela 2 - Tabela de evidência dos artigos incorporados na revisão sistemática. (continuação)

Autor/ Ano (Referência)	Projeto	População	Cadáver / RM /CT	Segmentação	Parte corporal	Edição Imagem	Software
Kanté <i>et al.</i> , 2020a	<i>Visible Korean Human</i>	Cadáver masculino (33 anos, leucemia)	Cadáver + RM + TC	0.2 mm	Vértebra cervical comum	Sem informação.	Winsurf version 3.5 on a laptop PC running Windows 7 equipped with an Ram of 8 gigas + Acrobat 3D PDF .
Jang <i>et al.</i> , 2011	<i>Visible Korean Project</i>	Cadáver masculino (67 anos, 1.62cm, 45kg, paragem cardiorrespiratória, miastenia gravis)	Cadáver	0.1 mm	Pavilhão auricular	Photoshop CS3 version 10 (Adobe Systems, San Jose, CA) + Interpolation (software elaborado para ser usado neste estudo).	Software próprio + 3D-DOCTOR version 4 (Able Software, Lexington, MA) + Maya version 7.0 (Autodesk, San Rafael, CA).
Shin & Park, 2016	<i>Visible Korean Project</i>	Cadáver masculino (67 anos, 1.62cm, 45kg, paragem cardiorrespiratória, miastenia gravis)	Cadáver	0.1 mm	Córtex cerebral	Photoshop.	Mimics version 17 (Materialise, Leuven, Belgium) + Maya version 2016 (Autodesk Inc, San Rafael, CA) + ZBrush 4 (Pixologic Inc, Los Angeles, CA) + Deep Exploration Standard (Right Hemisphere, San Ramon, CA) + Three-dimensional Reviewer , o software que acompanha Acrobat 9.0 Pro Extended (Adobe Systems, San Jose, CA).
Li <i>et al.</i> , 2014	<i>Chinese Visible Human</i>	Cadáver feminino (22 anos, 1.62cm, 52kg)	Cadáver + RM + TC	0.25 mm	Cérebro	Photoshop.	Amira software program + The RadioDexter software program (Singapore Volume Interactions Company, Singapore) + The interactive atlas of digital human brain was written in C# language of Microsoft Visual Studio .NET 2008 .

Tabela 2 - Tabela de evidência dos artigos incorporados na revisão sistemática. (continuação)

Autor/ Ano (Referência)	Projeto	População	Cadáver / RM /CT	Segmentação	Parte corporal	Edição Imagem	Software
Chung & Park, 2019	<i>Visible Korean Project</i>	Cadáver masculino (67 anos, 1.62cm, 45kg, paragem cardiorrespiratória, miastenia gravis)	Cadáver + RM	0.1 mm	Cabeça	Adobe Photoshop CC version 2015 (Adobe Systems Inc., San Jose, CA, USA).	MRicroGL including dcm2nii (http://www.mccauslandcenter.sc.edu).
Li <i>et al.</i> ,2006	<i>Chinese Virtual Human</i>	Cadáver feminino (19 anos, envenenamento alimentar)	Cadáver	0.2 mm	Ossos nasal e temporal	Photoshop (7.0).	3D Slicer software (www.slicer.org).
Liu <i>et al.</i> , 2013	<i>Chinese Visible Human</i>	Cadáver feminino (22 anos, saudável)	Cadáver	0.5 mm	Laringe	Sem informação.	Visual C# 2005 + Amira system (Visage Imaging, http://www.visageimaging.com) + Dextrobeam system com RadioDexter 1.2 software , HP xw9300 high-performance workstation (Hewlett Packard, Palo Alto, CA).
Sanders & Mu, 2013	<i>Visible Human Project</i>	Cadáver masculino (37 anos) e cadáver feminino (59 anos)	Cadáver	1 mm (masculino) 0.33 mm (feminino)	Músculos da língua	Sem informação.	Visible Human Slice and Surface Viewer (VHSSV) located at the Computer Science Department of the Ecole Polytec Federale De Lausanne in Lausanne Switzerland (Director, Professor R.D. Hersch) + Surfdriver (Developed at the University of Hawaii and the University of Alberta by Drs Scott Lazanoff and David Moody, respectively).

Tabela 2 - Tabela de evidência dos artigos incorporados na revisão sistemática. (continuação)

Autor/ Ano (Referência)	Projeto	População	Cadáver / RM /CT	Segmentação	Parte corporal	Edição Imagem	Software
Kapakin, 2011	<i>Visible Human Project</i>	Cadáver masculino	Cadáver	1 mm	Labirinto etmoidal	Adobe Photoshop CS.	SURFdriver 3.5 + 3D-Doctor + Cinema 4D + Cortona VRML 6.0
Kanté <i>et al.</i> , 2020b	<i>Visible Korean Human</i>	Cadáver masculino (33 anos, 1.64cm, 55kg, leucemia)	Cadáver	0.2 mm	Áxis	Sem informação.	Windsurf version 3.5 on a laptop PC running Windows 7 equipped with an Ram of 8 gigas + Acrobat 3DPDF.
Daou <i>et al.</i> , 2020	<i>Visible Korean Human</i>	Cadáver masculino (33 anos, 1.64cm, 55kg, leucemia)	Cadáver	0.2 mm	Cérebro	Sem informação.	Windsurf version 3.5 on a laptop PC running Windows 7 equipped with an Ram of 8 gigas + Acrobat 3DPDF.
Kanté <i>et al.</i> , 2020c	<i>Visible Korean Human</i>	Cadáver masculino (33 anos, 1.64cm, 55kg, leucemia)	Cadáver	0.2 mm	Atlas	Sem informação.	Windsurf version 3.5 on a laptop PC running Windows 7 equipped with an Ram of 8 gigas + Acrobat 3DPDF.

Tabela 2 - Tabela de evidência dos artigos incorporados na revisão sistemática. (continuação)

Autor/ Ano (Referência)	Projeto	População	Cadáver / RM /CT	Segmentação	Parte corporal	Edição Imagem	Software
Shin <i>et al.</i> , 2012b	<i>Visible Korean Project</i>	Cadáver masculino (67 anos, 1.62cm, 45kg, paragem cardiorrespiratória, miastenia gravis)	Cadáver	0.1 mm	Cabeça	Photoshop CS3 version 10 (Adobe Systems).	The C# language of Microsoft Visual Studio .NET 2003 (Microsoft Corp, Seattle, WA) + Mimics version 10.01 (Materialise, Leuven, Belgium) + Maya software + Deep Exploration Standard (Right Hemisphere, San Ramon, CA) + 3D Reviewer + Acrobat 9.0 Pro Extended (Adobe Systems) + Adobe Reader .
Kahrs & Labadie, 2013	<i>Visible Female Human + Visible Ear</i>	Cadáver feminino Cadáver feminino (85 anos)	Cadáver	Cadáver feminino: 0.33 mm	Osso temporal	Irfanview.	V3D (Viatronix Inc., Stony Brook, N.Y., USA).
				<i>Visible Ear</i> : 50 µm (cóclea) e 100 µm (resto)			
Nguyen & Wilson, 2009	<i>Body Bequeathal Program</i>	Cadáver masculino	TC	0.625 mm	Cabeça e pescoço	Sem informação.	Amira 4.1 (Mercury Computer System Inc., Chelmsford, MA).
Cao <i>et al.</i> , 2013	Estudo próprio	Mulher viva voluntária (25 anos, 1.63cm, 52kg, reumatismo, doença cardíaca)	TC + RM	TC: 0.5 mm	Plexo cervical	Sem informação.	Mimics 14.11 (Materialise, Leuven, Belgium).
				RM: 2 mm			

3. Resultados da avaliação do risco de enviesamento

Após a avaliação do risco de enviesamento de cada artigo incluído na revisão sistemática, os resultados obtidos foram apresentados através de um gráfico de barras empilhadas (**Figura 5**).

Na tabela foram usados diferentes comandos para diferentes classificações: um alto risco de enviesamento com o comando “*high*” aparece como um círculo vermelho; um risco de enviesamento inconclusivo com o comando “*unclear*” aparece com um círculo amarelo; por fim, um baixo risco de enviesamento com o comando “*low*” aparece com um círculo verde.

Quando na tabela aparecem 4 respostas com alto risco de enviesamento (“*high*”), considera-se que o estudo tem alto risco de enviesamento (“*high*”). Quando aparecem 3 respostas com alto risco de enviesamento (“*high*”) e 2 com risco de enviesamento inconclusivo (“*unclear*”), considera-se que o estudo tem alto risco de enviesamento (“*high*”). Quando aparecem 3 respostas com alto risco de enviesamento (“*high*”) e 1 resposta com risco de enviesamento inconclusivo (“*unclear*”), considera-se que o estudo tem risco de enviesamento inconclusivo (“*unclear*”). Quando aparecem 2 respostas com alto risco de enviesamento (“*high*”) e 2 respostas com risco de enviesamento inconclusivo (“*unclear*”), considera-se que o estudo tem risco de enviesamento inconclusivo (“*unclear*”).

No gráfico de barras empilhadas do risco de enviesamento, pode-se observar que o risco de enviesamento, na maioria dos estudos, é baixo. Nenhum estudo se mostrou com alto risco de enviesamento, 6 estudos mostraram-se com risco de enviesamento inconclusivo (“*unclear*”), 17 estudos mostraram-se com baixo risco de enviesamento (“*low*”).

Considera-se, no total, que o risco de enviesamento desta revisão sistemática é baixo.

		Risk of bias										
		D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	Overall
Study	(Yeung., Fung, & Wilson, 2011)	+	+	+	+	+	✗	-	+	+	+	+
	(Ribaupierre & Wilson, 2012)	+	+	+	+	+	✗	-	+	+	+	+
	(Park, Chung, & Shin, 2013)	+	+	+	✗	+	✗	-	+	+	+	+
	(Kim, Chung, & Park, 2015)	+	+	+	✗	+	✗	-	+	+	+	+
	(Park, Chung, & Chi, 2010)	+	+	+	✗	+	✗	+	+	+	+	+
	(Chung & Park, 2020)	+	+	+	+	+	✗	-	+	+	+	+
	(Shin, Chung, & Park, 2012)	+	+	+	✗	+	✗	-	+	+	+	+
	(Kanté et al., 2020a)	+	+	✗	+	+	✗	-	+	+	-	-
	(Jang et al., 2011)	+	+	+	+	+	✗	-	+	+	+	+
	(Shin & Park, 2016)	+	+	+	✗	+	✗	-	+	+	-	-
	(Li, Ran, & Zhang, 2014)	+	+	+	+	+	✗	-	+	+	+	+
	(Chung & Park, 2019)	+	+	+	+	+	✗	+	+	+	+	+
	(Li et al., 2006)	+	+	+	+	+	✗	+	+	+	+	+
	(Liu et al., 2013)	+	+	+	+	+	✗	-	+	+	+	+
	(Sanders & Mu, 2013)	+	+	+	+	+	✗	-	+	+	+	+
	(Kapakin, 2011)	+	+	+	+	+	✗	-	+	+	+	+
	(Kanté et al., 2020b)	+	+	✗	+	+	✗	-	+	+	-	-
	(Daou et al., 2020)	+	+	✗	+	+	✗	-	+	+	-	-
	(Kanté et al., 2020c)	+	+	✗	+	+	✗	-	+	+	-	-
	(Shin et al., 2012)	+	+	+	✗	+	✗	-	+	+	-	-
	(Kahrs & Labadie, 2013)	+	+	+	+	+	✗	-	+	+	+	+
	(Nguyen & Wilson, 2009)	+	+	+	✗	+	✗	+	+	+	+	+
	(Cao, Fu, & Li, 2014)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+

D1: Was there a clear statement of the aims of the research?

D2: Is a qualitative methodology appropriate?

D3: Was the research design appropriate to address the aims of the research?

D4: Was the recruitment strategy appropriate to the aims of the research?

D5: Was the data collected in a way that addressed the research issue?

D6: Has the relationship between researcher and participants been adequately considered?

D7: Have ethical issues been taken into consideration?

D8: Was the data analysis sufficiently rigorous?

D9: Is there a clear statement of findings?

D10: How valuable is the research?

Judgement

✗ High

- Unclear

+ Low

Figura 5 – Gráfico de barras empilhadas da avaliação do risco de enviesamento.

4. Análise descritiva

Os artigos analisados estudaram as seguintes estruturas: nervos cranianos (Yeung *et al.*, 2011), pavilhão auricular (Park *et al.*, 2013; Jang *et al.*, 2011), giro cerebral (Park *et al.*, 2010), tratos palidotalâmicos (Chung & Park, 2020), vértebra cervical comum (Kanté *et al.*, 2020a), córtex cerebral (Shin & Park, 2016), cérebro (Li *et al.*, 2014; Daou *et al.*, 2020), ossos próprios (Li *et al.*, 2006), osso temporal (Ribaupierre & Wilson, 2012; Kahrs & Labadie, 2013; Li *et al.*, 2006), laringe (Liu *et al.*, 2013), músculos da língua (Sanders & Mu, 2013), labirinto etmoidal (Kapakin, 2011), eixo (Kanté *et al.*, 2020b), atlas (Kanté *et al.*, 2020c), plexo cervical (Cao *et al.*, 2013), cabeça (Shin *et al.*, 2012b; Chung & Park, 2019; Shin *et al.*, 2012b), um artigo estudou área maxilo-facial (Kim *et al.*, 2015) e toda a anatomia da cabeça e do pescoço (Nguyen & Wilson, 2009).

Nos artigos analisados, para se conseguirem imagens seccionais, além de alguns projetos próprios, foram usados os seguintes: *Body Bequeathal Program* (BBP), VHP, *Visible Human Project Female* (VHPF), *Visible Korean Project* (VKP), VKH, *Chinese Visible Human* (CViH), *Chinese Virtual Human* (CVirH), *Visible Female Human* (VFH) e *Visible Ear* (VE).

Alguns artigos não distinguiram gênero e outros fizeram distinção dos estudos por gênero masculino e feminino. Alguns autores descreveram as características dos corpos incluindo idade, altura, peso, patologias e causa da morte, conforme a **Tabela 2**.

Para a obtenção de imagens seccionais, que posteriormente permitem a confecção de modelos tridimensionais, podemos utilizar fotografia após corte com criomacrótomo, RM, TC ou combinações diferentes das três opções enumeradas.

Após a análise dos artigos verifica-se que, maioritariamente, foi utilizada fotografia após corte com criomacrótomo em cadáveres, por vezes, combinados com RM e/ou com TC. Observou-se em 21 dos 23 artigos o uso de cadáver.

Nos artigos analisados, a espessura do corte variou entre 50 µm e 2mm, um relato num artigo refere a espessura dos cortes com criomacrótomo correspondente a 2mm na RM e alguns artigos consideraram cortes de 0.5mm a 0.625mm na TC (**Tabela 2**).

Após a obtenção de imagens, foi necessário trabalhá-las com recurso a programas de edição de imagem. O programa *Adobe Photoshop* foi utilizado em 12 dos 23 artigos, sendo assim o mais utilizado. Na **Tabela 2** estão escritas as diferentes versões que foram usadas deste programa em cada estudo. Foi também utilizado o programa *Infraview* num dos 23 artigos. Não há informação sobre edição de imagem em 8 dos 23 artigos.

Softwares utilizados nos estudos

Para a obtenção de modelos tridimensionais, os diferentes estudos utilizaram diferentes softwares, diversas versões do mesmo software com otimização das suas funcionalidades, tais como: Amira, Maya, Right Hemisphere Deep Exploration Standard, 3D Reviewer, Acrobat Pro Extended, Adobe Reader, Mimics, MRicro, Windsurf, Acrobat 3D PDF, ZBrush, RadioDexter, VHSSV, Cinema 4D, Cortona VRML, 3D-DOCTOR, 3D-Slicer, Surfdriver, Adobe Illustrator, V3D e Rhinoceros.

Abaixo, encontra-se uma descrição mais detalhada dos procedimentos sequenciais usados nos diferentes estudos com os diferentes softwares e, note-se que, por vezes, usou-se a combinação de vários dos softwares supramencionados.

Amira

As imagens do cadáver foram cortadas e convertidas numa escala de cinzentos para que fossem visualizadas no software Amira 5.0. Posteriormente, as imagens do cadáver e da TC foram alinhadas. A reconstrução tridimensional foi conseguida através de um processo chamado segmentação, onde as estruturas de interesse são delineadas numa imagem axial em 2D. Após todos os segmentos estarem alinhados e esboçados na imagem axial em 2D, obtém-se o modelo tridimensional.

Para que o modelo possa ser utilizado, é necessário convertê-lo numa superfície tridimensional de malha feita de múltiplos triângulos interligados. Porém, concluiu-se que esse nível de precisão não beneficia a visualização do modelo. O detalhe das imagens é influenciado pela resolução e pelo tamanho do pixel da imagem original.

Foram criados 14 vídeos, com ferramenta *camera path editor* no software Amira), que mostram o percurso dos nervos cranianos desde a origem até aos ramos mais distais. Posteriormente, os vídeos com os templates foram importados e integrados do *Adobe*

Flash (AF) para serem vistos na internet e, também, para adicionar elementos interativos, como legendas e textos com informações, o que não é possível somente com o Amira. Os modelos criados neste estudo não permitem a rotação livre do modelo. Contudo, os autores explicam que os seus modelos têm outros benefícios, tais como, a visualização em qualquer computador que tenha internet, não requerendo softwares ou *plugins* específicos; outro benefício é que os modelos têm início e fim específicos, o que apresenta maior vantagem na aprendizagem da anatomia para estudantes (Yeung *et al.*, 2011).

No estudo de Ribaupierre & Wilson (2012), também se utilizou o software Amira 5.0. Foram escolhidos 629 segmentos de interesse e os mesmos foram convertidos numa escala de cinzentos em *Adobe Photoshop*. Posteriormente, esses segmentos foram importados no software Amira para a segmentação tridimensional e renderização da superfície. Após a segmentação, foi realizado um pós-processamento para se conseguir reconstruir as imagens tridimensionais de segmentos bidimensionais e identificar as estruturas anatómicas. Os dados foram reconstruídos de forma a criar uma malha de polígonos tridimensionais. O número de polígonos representa a topografia da malha da superfície e é diretamente proporcional com a precisão da imagem.

Contudo, qualquer estrutura segmentada pode ser removida ou adicionada para ajudar na compreensão de relações espaciais. O passo seguinte foi o de reproduzir virtualmente os modelos para a simulação cirúrgica.

Os modelos podem ser rodados, ampliados, afastados, subtraídos, adicionados.

No total, o cérebro foi segmentado em 19 estruturas anatómicas reconstruídas (Ribaupierre & Wilson, 2012).

Nguyen & Wilson (2009) também recorreram ao software Amira, desta vez, numa versão diferente – versão 4.1, para a reconstrução tridimensional.

A reconstrução foi conseguida ao importar os dados em formato DICOM no software Amira. Este software dispõe as imagens bidimensionais nos eixos coronal (x-y), sagital (y-z) e transversal (x-z).

As estruturas anatómicas foram segmentadas e posteriormente reconstruídas tridimensionalmente. Foram usadas ferramentas de segmentação manual para imagens bidimensionais e ferramentas de segmentação semiautomática para imagens tridimensionais, uma por uma. Todas as estruturas foram identificadas para proceder a

uma reconstrução volumétrica tridimensional com polígonos. A seguir, foi renderizada uma reconstrução da superfície correspondente à reconstrução volumétrica.

O modelo superficial da cabeça e pescoço pode ser representado tridimensionalmente num ecrã de computador, bidimensionalmente ao tirar uma captura de ecrã às imagens tridimensionais no computador ou estereoscopicamente através de um projetor estereoscópico.

Usando os métodos previamente descritos, foram segmentadas e reconstruídas mais de 70 estruturas da região da cabeça e do pescoço, através de dados de TC, incluindo músculos, tecido nervoso, glândulas, vasos e ossos.

Este modelo permite aos utilizadores explorar a anatomia da cabeça e do pescoço de uma forma que seria difícil ou até impossível num laboratório de anatomia (Nguyen & Wilson, 2009).

The C# language of Microsoft Visual Studio, NET 2003 + Maya + Right Hemisphere Deep Exploration Standard + 3D Reviewer + Acrobat 9.0 Pro Extended + Adobe Reader

Primeiramente, as imagens obtidas foram trabalhadas no *Photoshop*, a seguir foram importadas no software Maya em formato *Stereolithography* (STL), onde foram criados modelos de superfície. No software Right Hemisphere Deep Exploration Standard as estruturas anatómicas foram categorizadas, orientadas e nomeadas. Posteriormente, foi usado 3D Reviewer (software anexo a Acrobat 9.0 Pro Extended) e os ficheiros foram exportados como PDF. Quando os ficheiros PDF são abertos em *Adobe Reader* (AR) é possível ver tridimensionalmente cada estrutura e os respetivos nomes. Ainda no ficheiro PDF, os modelos de superfície podem ser selecionados, rodados, aproximados e afastados com o rato.

Por exemplo, um otorrinolaringologista, clinicamente, tem de saber interpretar as imagens radiográficas do ouvido externo, que inclui o pavilhão auricular, bem como as porções do ouvido médio e ouvido interno e, para tal, pode usar a aplicação criada por estes autores, como auxílio. Médicos recém-formados e estudantes de medicina consideram difícil o estudo da anatomia das diferentes porções do ouvido quando lhes são apresentadas ferramentas não interativas, tais como, livros, modelos de plástico e filmes de dissecações. Os mesmos podem sentir-se desconfortáveis aquando da realização de otoscopia e timpanoplastia em pacientes devido à elevada demanda de conhecimentos anatómicos, sabendo o quão difíceis são estes procedimentos. A aplicação criada no

âmbito da investigação relatada por Park *et al.* (2013) veio ajudar a resolver parcialmente o sentimento de desconforto experienciado pelos médicos recém-formados e estudantes de medicina, uma vez que, as estruturas são mostradas ao detalhe, com cores reais, com possibilidade de utilização *off-line* no computador pessoal de cada um dos utilizadores.

The C# language of Microsoft Visual Studio, NET 2003 + Mimics version 17.0 + Maya version 2012 + 3D Reviewer + Acrobat 9.0 Pro Extended

O *Photoshop* foi usado para colorir as imagens das estruturas maxilofaciais. As mesmas foram delineadas e reconstruídas como modelos de superfície através do software Mimics versão 17.0. No total, foram reconstruídas 113 estruturas como modelos de superfície. No software Mimics as imagens coloridas foram abertas em formato *Bitmap Image File* (BMP). As imagens foram empilhadas continuamente, criando modelos de superfície. Os modelos que ficaram distorcidos devido a um empilhamento inadequado foram ajustados por um cirurgião maxilofacial e um anatomista. Os modelos de superfície formados foram guardados como ficheiro STL para que pudessem ser abertos no software Maya. A utilização deste software possibilitou a cirurgia ortognática virtual. Posteriormente, os ficheiros STL foram importados em Deep Exploration Standard, as estruturas anatómicas foram categorizadas e nomeadas. Os ficheiros STL foram convertidos em ficheiros PDF, posteriormente abertos em 3D Reviewer. A visualização dos modelos é possível com a utilização de AR.

É possível observar todas as estruturas, remover a pele, os músculos, os ossos, os vasos sanguíneos, fazer osteotomia, entre outras funções.

No navegador de software, os nomes das estruturas são revelados nas imagens seccionais. No ficheiro PDF, os nomes das estruturas aparecem em tempo real. A anatomia maxilofacial é facilmente percecionada ao estudar as imagens seccionais e observar os modelos do ficheiro PDF. Ao utilizar o software Maya, a cirurgia virtual ortognática foi mostrada (Kim *et al.*, 2015).

The C# language of Microsoft Visual Studio .NET 2003 + Mimics version 10.01 + Maya software + Deep Exploration Standard + 3D Reviewer + Acrobat 9.0 Pro Extended + Adobe Reader.

As imagens seccionais foram obtidas através de cortes com criomicrotomo. Após a compressão das imagens, as mesmas foram compiladas para gerar imagens no eixo coronal e no eixo sagital. A cada 10 imagens, com intervalos de 1mm, 231 estruturas foram delineadas semiautomaticamente ou manualmente no *Photoshop* para produzir imagens delineadas. Todos os contornos de cada estrutura foram preenchidos com uma cor específica e guardados como ficheiro BMP.

Foi criado um software para carregar imagens seccionais e segmentadas. O software e todos os dados foram transformados em ficheiros de instalação em *Nullsoft Scriptable Install System* (NSIS). Ambos os softwares podem ser obtidos gratuitamente.

O software Mimics reconhece e aglomera os contornos em série de cada estrutura, considerando o brilho da cor designada. Após empilhar todos os contornos, a reconstrução de superfície de todas as estruturas foi obtida simultaneamente.

Os modelos de superfície foram pintados individualmente ou por sistemas para distinguir coletivamente as estruturas. A cor da pele foi feita semitransparente para mostrar o interior.

Em cada modelo de superfície, os contornos foram removidos e a superfície em triângulos foi reduzida em número. Os modelos de superfície foram todos supervisionados por anatomistas para corrigir quaisquer erros.

Para reduzir o tamanho do ficheiro, o número de triângulos foi diminuído o máximo possível sem alterar a forma original dos modelos. Para cada estrutura mais complicada (por exemplo, osso temporal), a superfície em triângulos foi diminuída de forma muito ligeira.

Os ficheiros provenientes da diminuição do tamanho das estruturas foram convertidos de Mimics para estereolitografia para que fosse possível abri-los em Maya a partir de um conjunto de imagens bidimensionais, incluindo secções horizontais, coronais e sagitais, com intervalos de 10 mm entre cada imagem.

Em Deep Exploration Standard os modelos de superfície foram categorizados em 11 sistemas e guardados como ficheiros *Virtual Reality Modeling Language* (VRML).

Por último, foi usado o software 3D Reviewer acompanhado do Acrobat 9.0 Pro Extended, onde foram importados os ficheiros VRML, criando um ficheiro PDF. O ficheiro PDF foi aberto em AR, onde foram mostrados os modelos de superfície das estruturas anatómicas sistematizadas.

Uma vantagem para a aprendizagem da anatomia foi o facto de os modelos terem sido montados por níveis de dissecação.

É possível sobrepor imagens seccionais em modelos de superfície tridimensionais. Os modelos podem ser ampliados ou diminuídos, rodados e alterados livremente.

É possível melhorar as funcionalidades do software e do ficheiro PDF. Primeiramente, quanto mais detalhadas forem as estruturas delineadas, melhor será o resultado das imagens delineadas e dos modelos de superfície. Em segundo lugar, versões completas de dados bi e tridimensional permitirão uma melhor visualização. Neste caso, a informação foi comprimida e reduzida e os intervalos entre segmentos originais de 0.1mm foram aumentados para 1mm, de forma, a poder utilizar no software e, posteriormente, aumentados para 10mm de intervalo para o ficheiro PDF. Em terceiro lugar, o software pode ser combinado com o ficheiro PDF num só programa contendo imagens bidimensionais, tridimensionais e ferramentas para uma utilização mais adequada às necessidades do utilizador.

Para atingir o objetivo desta investigação, uma programação bem organizada é necessária (Shin *et al.*, 2012b).

MRicro + Autodesk Maya version 2009

Park *et al.* (2010) demoraram 30 dias para reconstruir 114 imagens segmentadas (com intervalos de 1 mm) de 33 giros cerebrais. Para tal, foi necessário reduzir 2341 imagens (em ficheiro *Tagged Image File Format* (TIFF)) para 234 (em ficheiro *Photoshop Document* (PSD)). Posteriormente foram excluídas imagens que mostravam as partes acima ou abaixo do cérebro, restando 114 imagens segmentadas. As 114 imagens segmentadas foram transformadas em imagens seccionais no *Photoshop*. As mesmas foram convertidas a uma escala de cinzentos e a qualidade da imagem foi reduzida para que pudessem ser importadas no software MRicro para uma reconstrução volumétrica. Neste software, todas as imagens foram simultaneamente divididas ao longo da fissura cerebral, resultando no hemisfério esquerdo e no hemisfério direito. Posteriormente foi usada uma ferramenta específica no software (“*conversion wizard: convert all files in a folder...*”) que permitiu uma reconstrução volumétrica automática. Os ficheiros foram guardados em formato TIFF.

As imagens segmentadas tinham dois formatos de ficheiros: PSD e TIFF. Os ficheiros PSD incluíam as imagens seccionais originais e os contornos das camadas. Complementarmente, os ficheiros TIFF, codificados por cor, eram de distribuição mais fácil, pelo seu menor tamanho de ficheiro. Por isso, embora os ficheiros PSD fossem mais

úteis para a produção automática de imagens 2D e 3D, os ficheiros TIFF, acompanhados de imagens seccionais (TIFF) eram capazes de produzir qualquer 2D e 3D.

Com programação em linguagem de computador, foram construídos modelos volumétricos de alta resolução e cor verdadeira do cérebro, a partir de imagens segmentadas e imagens seccionais originais. As imagens segmentadas independentes das imagens seccionais, foram importadas no software Autodesk Maya para reconstrução de superfície. As imagens segmentadas (ficheiros PSD) foram empilhadas, os buracos entre os contornos foram preenchidos com polígonos e fez-se a criação do modelo de superfície dos giros cerebrais. Os modelos de superfície foram satisfatórios e correspondiam ao modelo volumétrico do mesmo giro.

O software MRIcro é gratuito e tem sido útil na reconstrução de imagens 3D a partir de imagens 2D.

As imagens segmentadas preparadas neste estudo podem ser utilizadas em diversas investigações, tais como, a criação de um simulador interativo de neurocirurgia a partir da reconstrução tridimensional dos giros cerebrais e das estruturas adjacentes, criada com imagens segmentadas que mostram as estruturas dentro e fora do cérebro. As imagens segmentadas são a base para a criação de imagens seccionais e são acompanhadas com as correspondentes imagens seccionais, ou seja, dois conjuntos de imagens são capazes de gerar modelos volumétricos realísticos de componentes cerebrais. As imagens segmentadas são comparadas com as imagens obtidas através da RM do mesmo cadáver, possibilitando aos estudantes de medicina uma melhor interpretação da RM cerebral (Park *et al.*, 2010).

Mimics versão 17 + Adobe Photoshop + Maya 2018 + Deep Exploration 6.3

Os intervalos entre imagens iniciais são de 0.1mm. Porém, esses intervalos são demasiado finos para a segmentação e, por isso, os intervalos das imagens no plano coronal foram aumentados para 0.2mm.

Foi feita uma segmentação manual no plano coronal e foram desenhados os contornos das estruturas (tratos palidotálânicos) usando a ferramenta *lasso* e *magnetic lasso* do *Photoshop*. Posteriormente, as estruturas foram preenchidas com diferentes cores para produzir imagens segmentadas. Essas imagens foram importadas no software Mimics, no qual os planos horizontal, coronal e sagital foram correlacionados para localizar os tratos palidotálânicos e estruturas adjacentes. Ainda no Mimics, as estruturas delineadas foram guardadas separadamente e as mesmas foram construídas automaticamente como

modelos de superfície para serem exportados como STL. Estes ficheiros foram importados no software Maya, as imagens coronais seccionais foram embutidas nos modelos superficiais. Finalmente, os modelos de superfície foram convertidos em formato PDF com a ajuda do software Deep Exploration.

Ao sobrepor os modelos de superfície com imagens seccionais no plano coronal (intervalos de 1mm), os utilizadores podem compreender a anatomia e selecionar as estruturas específicas que pretendem observar, através de comandos do leitor do ficheiro PDF.

Através de imagens seccionais e modelos superficiais no ficheiro PDF, é possível observar todo o percurso de tratos palidotálâmicos e estruturas adjacentes.

Imagens seccionais de alta qualidade e cores reais, de um cadáver, são um bom recurso para observar os tratos palidotálâmicos e estruturas adjacentes ao pormenor. Este estudo pode ajudar na interpretação de imagens radiológicas (Chung & Park, 2020).

3D-DOCTOR + Adobe Illustrator + Maya 7 + Rhinoceros

Nas imagens seccionais, foram feitos contornos em 64 estruturas semiautomaticamente ou manualmente no *Photoshop*. Posteriormente, as imagens foram guardadas como ficheiros PSD. Adicionalmente às 64 estruturas delineadas, foram acrescentadas mais 26. Os autores investigaram e melhoraram as técnicas de reconstrução de superfície desenvolvidas nos estudos anteriores. Neste estudo, as técnicas foram numeradas como método 1, 2, 3 e 4, dependendo da forma do contorno de cada estrutura. Contudo, havia um critério comum a todos os métodos: todos os contornos das estruturas são sobrepostos nos planos horizontais adjacentes.

Nos métodos 1 e 2, estruturas vizinhas foram parcialmente sobrepostas. Nos métodos 3 e 4, estruturas vizinhas pequenas não foram sobrepostas pelo menos uma vez. Outro critério foi verificar se as estruturas estavam todas singulares em cada plano ou não. Ou seja, se existiam sem divisão (ex.: tálamo, nos métodos 1 e 3) ou se existiam com divisão (ex.: corpo caloso, nos métodos 2 e 4) no plano horizontal.

No método 1, as imagens com contornos das estruturas em ficheiro PSD foram coloridas numa escala de brancos e guardadas como ficheiro TIFF. No software 3D-DOCTOR, essas imagens foram empilhadas numa sequência criando várias colunas, o que correspondeu à reconstrução volumétrica. Após a combinação de todas as colunas, a superfície foi extraída para gerar o modelo de superfície da estrutura.

O método 2 foi semelhante ao método 1, diferindo na forma da reconstrução volumétrica, uma vez que a reconstrução foi feita independentemente de todos os contornos estarem singulares ou não.

O método 3 foi realizado independente da reconstrução volumétrica. Nas imagens delineadas (ficheiros PSD), os contornos das estruturas foram vetorizados simultaneamente e guardados como ficheiros AI. Os contornos vetorizados foram empilhados e pintados de cor diferente para distinguir estruturas no software Maya e conectados por linhas superoinferiores no software Rhinoceros. Em adição, os contornos mais superiores e inferiores foram fechados para finalizar o modelo de superfície da estrutura.

No método 4, a estrutura foi primeiramente desmontada em ramos com os próprios contornos. Nos softwares Maya e Rhinoceros, o modelo de superfície de cada ramo foi construído da mesma forma que no método 3. A junção dos ramos dos modelos de superfície foi realizada no software Rhinoceros para completar o modelo de superfície.

Foram delineadas 91 estruturas através de imagens seccionais, pertencentes a esqueleto, articulações, músculos, sistema endócrino, sistema vascular, sistema nervoso e sistema tegumentar. A maioria dos modelos foi reconstruída pelo método 1 e 2, com exceção de alguns vasos que foram reconstruídos pelos métodos 3 e 4.

Os métodos 1 e 2 são rápidos de executar (por exemplo, foram feitos 84 modelos de superfície em 4 dias). No entanto, para criar 4 modelos pelo método 3 e 3 modelos pelo método 4, foram necessários 1 e 2 dias, respetivamente. Por isso, os métodos de reconstrução 3 e 4 demoraram mais tempo do que a reconstrução com métodos 1 e 2.

Os modelos superficiais reconstruídos no software Rhinoceros (método 3 e 4), preservaram a informação original do tamanho e localização das estruturas. Contudo, modelos superficiais reconstruídos em 3D-DOCTOR (métodos 1 e 2), não preservaram essa informação. Para além disso, os métodos de reconstrução 3 e 4 demoraram mais tempo do que a reconstrução com métodos 1 e 2.

Em todos os métodos, o software Rhinoceros foi usado sem reconstrução volumétrica.

Os autores reconhecem que a reconstrução volumétrica anterior à reconstrução de superfície acelera o processo de execução do modelo. Infelizmente, esta técnica não pode ser aplicada a contornos não sobrepostos porque o software persiste em separar os modelos não pretendidos.

Neste estudo, o software 3D-DOCTOR foi escolhido para a reconstrução volumétrica e de superfície, para reduzir tempo e esforço.

Após várias tentativas de reconstrução, os autores sugerem a utilização dos métodos 1 e 2. Aquando da utilização destes métodos, os contornos das estruturas adjacentes da estrutura em causa devem ser sobrepostos de antemão.

A forma para conseguir sobrepor contornos é delinear estruturas em intervalos suficientemente finos. Neste estudo, o delineamento pode ser feito a 0.1mm, ou seja, os intervalos entre segmentos originais. Entretanto, isto acarreta um problema: delinear estruturas com intervalos tão pequenos é um trabalho extremamente demorado. Porém, em casos de RM ou CT, não é recomendado um tamanho tão pequeno.

O plano coronal é conseguido ao empilhar as imagens seccionais originais no plano horizontal.

O valor do modelo superficial é melhorado se o mesmo tem as correspondentes imagens seccionais, imagens com estruturas delineadas e RM.

Os modelos podiam ser vistos de várias formas. As cores dos modelos foram feitas semitransparentes para que se pudessem visualizar as estruturas por dentro e por detrás do modelo. Os modelos também podem ser rodados em tempo real (Shin *et al.*, 2012a).

Winsurf version 3.5 + Acrobat 3D PDF

A segmentação através de contorno manual das estruturas foi feita através do software Windsurf (Kanté *et al.*, 2020a, 2020b, 2020c; Daou *et al.*, 2020)

A vantagem deste trabalho é essencialmente baseada no facto que são usadas secções reais do corpo humano para a reconstrução tridimensional dos modelos destes autores. Isto, consequentemente, acarreta uma maior precisão e fiabilidade nos resultados obtidos. A reconstrução de estruturas anatómicas a partir de meios digitais, tais como TC, pode ser ligeiramente decepcionante. Uma vez que algumas estruturas estão ausentes, algumas estruturas são difíceis de distinguir. Contrastando este processo, o contorno das estruturas é baseado numa segmentação manual e analógica em vez de uma segmentação automática, o que reduz o risco de erros anatómicos aquando da reconstrução.

Uma segunda vantagem é o poder de individualização de diferentes partes da estrutura anatómica. Isto melhora a compreensão da anatomia dessa zona, por parte dos estudantes de medicina.

Por último, é de sublinhar que os softwares Windsurf e Acrobat 3D PDF são particularmente fáceis de usar, o que não é o caso de outros softwares de modelagem e segmentação manual. Estes softwares apresentam uma grande variedade de texturas, o que ajuda a aumentar o realismo do modelo tridimensional.

Software próprio + 3D-DOCTOR version 4 + Maya version 7.0

As imagens seccionais foram guardadas como ficheiro PSD. Em cada ficheiro PSD, foram criadas 30 camadas e deu-se o nome das estruturas. A maioria das estruturas foram segmentadas manualmente no *Photoshop* usando a ferramenta *lasso*. Somente o que parecia ser pele e o osso temporal foram delineados semi-automaticamente com a ferramenta *quick selection*. A segmentação manual de estruturas pequenas da orelha ocupava muito tempo, por esse motivo, foi pedida ajuda a vários colegas.

Nas imagens delineadas, cada estrutura foi colorida com uma cor específica, resultando em 45 estruturas coloridas. Estes ficheiros foram automaticamente guardados como ficheiro BMP usando a ferramenta *batch* no *Photoshop*.

Para a reconstrução volumétrica, foi usado um software desenvolvido pelos autores. As imagens delineadas e coloridas foram empilhadas e o volume do modelo foi reconstruído. Posteriormente, a partir das imagens coloridas, todas as estruturas foram pintadas numa escala de pretos através do *Photoshop*. Os ficheiros foram guardados com o formato BMP. Com a ajuda do software 3D-DOCTOR os modelos de superfície foram criados. Os modelos de superfície que consistem em contornos empilhados com polígonos entre os mesmos foram guardados em formato *Drawing Exchange Format* (DXF). O formato referido anteriormente pode ser aberto pelo software Maya. No software Maya, os modelos de superfície foram atenuados através do comando *smooth* e o número de polígonos foi reduzido através do comando *reduce*. Posteriormente, os modelos de superfície foram guardados como ficheiros *Maya Binary* (MB), foram montados os modelos de superfície individuais, o que permitiu visualizar seletivamente os mesmos.

A aquisição de 45 imagens com cores básicas demorou 30 dias: 29 dias foram requeridos para a segmentação e 1 dia foi necessário para o preenchimento com cor.

Apesar de ser possível realizar várias tarefas no computador automaticamente, tais como, preenchimento de cor, há certas tarefas que têm de ser executadas manualmente, tais como, delineação das estruturas. Essa última tarefa tem de ser feita por pessoal médico.

O modelo volumétrico de baixa resolução (0.5mm, tamanho do voxel) não mostrou as cores reais das imagens seccionais. Contudo, a qualidade dos modelos volumétricos foi suficiente para verificar as imagens preenchidas com cor e compará-las aos modelos de superfície.

No presente estudo, procedimentos como contorno e reconstrução da superfície foram realizados num software comercial. Os procedimentos foram automatizados, baseando-

se nas dicas do software; o software também indicava que qualquer investigador poderia produzir as suas próprias imagens preenchidas por cor e modelos de superfície independentemente dos programas do computador que estivesse a usar.

Neste estudo, modelos volumétricos foram construídos diretamente de imagens preenchidas por cor. Para conseguir um modelo volumétrico genuíno que mostre as cores verdadeiras do humano, foram preparadas imagens seccionais de cada estrutura, com a exclusão do exterior.

Para a obtenção de um melhor modelo 3D e melhor modelo 3D superficial, os intervalos de 0.5mm de imagens preenchidas por cor foram reduzidas para o tamanho original correspondente a 0.1mm.

O modelo superficial, acompanhado de imagens correspondentes, irá contribuir para o realismo e melhor compreensão por parte dos estudantes.

Nos modelos de superfície, as imagens seccionais, assim como as imagens preenchidas por cor, podem ser sobrepostas de forma a que os utilizadores consigam entender concretamente a morfologia da orelha (Jang *et al.*, 2011).

Mimics version 17 + Maya version 2016 + ZBrush 4 + Deep Exploration Standard + Three-dimensional Reviewer, o software que acompanha Acrobat 9.0 Pro Extended

As imagens seccionais foram abertas no *Photoshop* como ficheiro PSD e as estruturas de interesse foram delineadas. O córtex cerebral ainda foi colorido numa escala de pretos e os contornos do lóbulo de insula foram desenhados em separado. Dois conjuntos de imagens foram criados e, posteriormente, foram abertos no software Mimics como ficheiro *Multi-Context System* (MCS), dando-se a reconstrução da superfície das estruturas anatómicas. Os modelos de superfície do córtex cerebral e do lóbulo da insula foram construídos e convertidos em STL. De seguida, usou-se o software Maya. O ficheiro STL que foi importado para Maya tinha uma superfície cheia de polígonos triangulares que foram alterados para quadrados. Seguidamente, o número de polígonos foi reduzido, ao usar o comando *reduction*, sem comprometer a forma original das estruturas, embora tornando o modelo mais simples e descaracterizado. Após Maya, foi usado o software ZBrush, para reduzir o número de polígonos do modelo com o comando *zRemesh*, que por sua vez, também simplifica o modelo. De forma a recuperar as regiões simplificadas, foi usada a técnica *three-dimensional morphing* no software Maya. Esta técnica consiste em sobrepor os modelos de superfície simplificados com os modelos de

superfície originais de alta qualidade. Este processo resultou na otimização dos modelos de superfície. Os modelos foram divididos em giros e sulcos pelos anatomistas. Foi ainda usado o comando *camera based paint selection* em Maya, onde os giros e os sulcos foram selecionados e posteriormente divididos e nomeados separadamente.

Foram criados 61 modelos de superfície do córtex cerebral e do lóbulo da insula divididos em dois modelos de superfície e 11 modelos de superfície bidimensional. Todos os ficheiros foram guardados como STL para enviar para outros softwares.

Foi usado o software Deep Exploration Standard para categorizar os modelos de superfície em 6 regiões, cada um com cores específicas. Posteriormente, os modelos foram guardados como ficheiro VRML e enviados para outro software.

Os modelos de superfície e imagens tridimensionais seccionais suplementares foram transportados para um ficheiro PDF através de 3D Reviewer, software que acompanha Acrobat 9.0 Pro Extended.

Os modelos de superfície só podem ser abertos em AR para serem visualizados em formato PDF. Porém, os modelos também podem ser visualizados em ficheiro VRML, com a possibilidade de serem acedidos em diferentes formatos devido ao seu tamanho pequeno (por exemplo, em aplicações tridimensionais num telemóvel ou via internet).

Para conseguir tirar o máximo de vantagens, nesta investigação foram aplicados vários softwares e todos eles apresentaram vantagens e desvantagens. Por exemplo, a função topológica de ZBrush é melhor que a de Maya, porém as funções de seleção e divisão são melhores no software Maya que no ZBrush. Estes softwares suportam vários formatos de ficheiros, o que permite a fusão de vários softwares na elaboração deste modelo tridimensional (Shin & Park, 2016).

Amira software program + The RadioDexter software program + The interactive atlas of digital human brain was written in C# language of Microsoft Visual Studio .NET 2008.

No software Amira foram importadas imagens axiais. O valor do voxel para X, Y e Z foi, 0.167mm, 0.167mm e 0.25mm, respetivamente. Foram criadas 1235 imagens no plano sagital e 1356 imagens no plano coronal.

No *Photoshop* foi feita uma segmentação semiautomática para delinear as estruturas do cérebro.

Foi usado o software RadioDexter para a reconstrução tridimensional. O modelo tridimensional do cérebro humano resultou da combinação de um modelo do cérebro,

obtido através reconstrução da superfície, com um modelo de crânio, obtido através da reconstrução volumétrica.

Este modelo pode ser mostrado íntegro ou com múltiplas estruturas e possui as cores reais.

Ainda, nesta investigação foi criado um atlas interativo do cérebro humano. A criação foi feita através de linguagem C# de Microsoft Visual Studio .NET 2008. Este programa pode ser usado em qualquer computador que tenha Windows instalado.

Imagens de alta qualidade do eixo coronal e sagital foram obtidas, mostrando com clareza estruturas pequenas. A resolução 2D e 3D foi suficientemente alta para corresponder às expectativas das imagens seccionais clínicas.

Tendo em conta que o dataset usado nesta investigação foi o CVisH e devido à sua alta qualidade e fiabilidade, em adição a um delineamento semiautomático com precisão, a reconstrução das estruturas foi realista.

O atlas tem boa interatividade, autorizando à autoavaliação. Possui a opção de exibir as estruturas em vídeo. Por este motivo, o atlas elaborado pelos autores é adequado aos estudantes de medicina. O atlas é segmentado e as estruturas são identificadas. Cada componente e região são claramente definidos por bordos, assinalado por etiquetas e com uma cor distinta (Li *et al.*, 2014).

MRICroGL *including* dcm2nii

O tamanho original do voxel é 0.1mm, esse tamanho é pequeno demais para ser manuseado com um computador pessoal. Por esse motivo, o tamanho do voxel foi aumentado para 0.5mm no *Photoshop*. As imagens passaram de ficheiros TIFF para ficheiros DICOM.

As imagens com cor real em formato DICOM foram alinhadas com o uso de DICOM Browser. O número de identificação de cada ficheiro DICOM foi alterado, no sentido em que, o tempo do estudo e a data do estudo foi unificada automaticamente, de modo a produzir imagens consideradas como um estudo único para ajudar no futuro processo da reconstrução.

Ao usar o software MRICroGL com dcm2nii incluído, as imagens DICOM alinhadas foram reconstruídas por modelação volumétrica e guardados como ficheiro *Neuroimaging Informatics Technology Initiative* (NifTI) para produzir um modelo volumétrico com cores reais. Após a utilização do comando *scripting tool* no MRICroGL, os planos oblíquos foram capturados, os valores da profundidade, azimuth e elevação

podem ser ajustáveis de acordo com a vontade do utilizador. Os ficheiros foram guardados como BMP através do comando *savebmp*.

Usando um processo similar, também foi produzido um modelo volumétrico segmentado a partir de imagens segmentadas de 297 estruturas da cabeça.

Imagens com cores reais e modelos volumétricos de cor real de uma cabeça humana foram produzidas através de imagens horizontais seccionais de VKP.

No modelo volumétrico de cor real, três planos clássicos e oblíquos de cor e forma real podem ser mostrados, ao contrário de RM.

O modelo volumétrico com cor real mostrou a cor verdadeira das estruturas anatómicas, enquanto o modelo volumétrico segmentado mostrou a localização precisa e o contorno das estruturas.

O modelo volumétrico deste estudo tem qualidade superior e cores mais vívidas do que o estudo *Anatome Table* e VHP em MRICroGL. Isto acontece porque os vóxeis deste estudo eram menores e as dimensões maiores, mesmo os modelos do *Anatome Table* usem as mesmas imagens seccionais de VKP. Ainda, os modelos deste estudo são gratuitos, enquanto os do *Anatome Table* custam dezenas de milhares de dólares.

Os modelos volumétricos construídos a partir de imagens seccionais de cor real são benéficos na educação, na investigação e na prática clínica pelas razões que se seguem. Em primeiro lugar, estes modelos podem ser seccionados no plano horizontal, coronal e sagital em tempo real, o que é útil no estudo de planos clássicos de RM e TC. Em segundo lugar, os planos clássicos e oblíquos do modelo podem ser apresentados em conjunto para permitir uma melhor compreensão da localização e da forma de várias estruturas anatómicas. Por último, o plano oblíquo do modelo volumétrico pode ser comparado com planos oblíquos de várias especialidades clínicas.

Imagens com cores reais são um ótimo material para reconstrução de modelos volumétricos devido ao realismo da cor.

A técnica da criação de um modelo através de uma RM existe em muitos softwares de RM, incluindo MRICroGL. Portanto, o modelo volumétrico de imagens seccionais de cor real pode ser feito, teoricamente, usando a técnica da criação de modelos volumétricos (Chung & Park, 2019).

3D Slicer

As imagens para a reconstrução foram obtidas através de fotografias feitas ao cadáver. Posteriormente, as estruturas de interesse dessas fotografias foram delineadas com o

comando *lasso tool* do *Photoshop*. As estruturas foram coloridas numa escala de cinzentos. A ordem das imagens 2D foi mantida ao utilizar nomes específicos nas extensões. Toda a informação foi transferida para o software 3D Slicer. Este software tem as seguintes funções: introdução de dados volumétricos originais automaticamente, segmentação imagiológica semiautomática, produção de modelos de superfície tridimensionais a partir de estruturas segmentadas e visualização tridimensional e análise quantitativa.

Após os dados volumétricos serem transferidos e deu-se a reconstrução volumétrica da estrutura. Os contornos das estruturas foram revistos. Todas as imagens foram editadas para melhorar a precisão e fiabilidade da segmentação. As estruturas de interesse passaram pelo processo de suavização do ruído e alisamento dos bordos antes de serem classificadas por nome.

Os modelos de superfície das estruturas pertinentes foram produzidos automaticamente com a utilização do software 3D Slicer ao seleccionar as imagens classificadas por nome. Áreas específicas de interesse podem ser seleccionadas livremente e as relações espaciais entre as estruturas podem ser mostradas. Ao mesmo tempo, podem ser vistas várias estruturas anatómicas sequencialmente, desde a superfície até à profundidade.

Alguns erros como o delineamento correto de estruturas são inevitáveis. Os autores sugerem, como uma potencial solução para este problema, o uso de secções histológicas originais ou secções plastinadas.

Apesar do esforço para a reconstrução destes modelos, por parte dos investigadores, a reconstrução baseada em secções histológicas, ainda tem algumas limitações. Espera-se que, futuramente, as reconstruções baseadas em secções histológicas, sejam de qualidade superior àquelas que são baseadas em imagens de TC, em conjunto com futuras melhorias na produção e refinamento de imagens e todo o processo tecnológico (Li *et al.*, 2006).

Visual C# 2005 + Amira system + Dextrobeam system com RadioDexter 1.2 software

A maioria das estruturas de interesse foram segmentadas semiautomaticamente por anatomistas e radiologistas experientes.

Os segmentos das estruturas de interesse foram importados no software Amira, onde foi gerada uma malha de triângulos a simular a superfície das estruturas da região laríngea. Estes modelos foram exportados como ficheiros VRML após o refinamento e suavização

dos mesmos. Posteriormente, a informação foi filtrada e foram eliminadas estruturas que não interessavam, de modo a reduzir o tamanho dos ficheiros. Os ficheiros VRML de cada estrutura foram combinados e comprimidos como um ficheiro reduzido através do método GZIP. Foram também feitas modificações dinâmicas nos ficheiros VRML através de *JavaScript* nos ficheiros *HyperText Markup Language* (HTML). Finalmente, os atributos dos modelos VRML foram feitos para serem ajustáveis de modo a poder utilizar os modelos em tempo real.

Os segmentos seccionados foram importados em Dextrobeam, onde foi criado um modelo tridimensional da laringe que, por sua vez, foi transformado num objeto estereoscópico tridimensional para representar a anatomia da laringe. Dextrobeam é uma consola interativa com o propósito de diagnóstico e planeamento cirúrgico. Várias operações podem ser realizadas no sistema Dextrobeam, usando um controle 6D, incluindo corte de imagens, perfurações ósseas, medição volumétrica, fusão de objetos 3D, extração tecidular e contorno de imagens para edição. Esta consola inclui o software RadioDexter 1.2.

Foram adquiridas secções transversais, coronais e sagitais do mesmo cadáver, pela técnica de *digital resampling*. Entretanto, foi realizada a anatomia virtual seccional, o que providenciou referências precisas importantes para o diagnóstico e prática clínica.

As 45 estruturas da região laríngea foram segmentadas manualmente em imagens bidimensionais obtidas de CVisH. As imagens segmentadas foram transformadas em formato *Portable Network Graphics* (PNG) para preservar a cor no software desenvolvido pelos investigadores. Posteriormente, os modelos tridimensionais de superfície e volume foram reconstruídos. Isto permitiu obter os modelos anatómicos finais tridimensionais interativos para o estudo e dissecações.

Um modelo de uma laringe tridimensional foi criado em VRML, HTML e *JavaScript*. Este modelo pode ser visitado por outrem através da internet.

Os modelos da laringe podem ser vistos de qualquer ângulo, representados de várias cores, podem ser visualizados separadamente ou como uma única estrutura, podem ser aproximados ou afastados, pode-se aumentar ou diminuir a transparência das estruturas. O modelo anatómico desta investigação tem a capacidade de representar várias estruturas com múltiplas sobreposições e incorporações. Além disso, permite uma observação detalhada e interativa por parte dos estudantes de medicina, ajudando a ultrapassar as limitações de um estudo mais passivo e ganhando experiência em anatomia de estruturas mais complicadas (Liu *et al.*, 2013).

Visible Human Slice and Surface Viewer (VHSSV) + Surfdriver

O software Surfdriver permite a construção de modelos tridimensionais a partir de secções em série de fotografias a partir de um computador pessoal.

O modelo tridimensional da língua foi reconstruído a partir de 70 secções digitais coronais igualmente espaçadas a partir do dataset do cadáver feminino obtido através de VHSSV. Todas as imagens estavam em formato *Joint Photographics Group* (JPG) e diretamente alinhadas. Cada imagem foi aberta no software Surfdriver e as regiões de interesse foram manualmente delineadas com um polígono fechado. Todas as estruturas de interesse foram reconstruídas individualmente em objetos tridimensionais. Uma cor diferente foi dada a cada um dos músculos para os conseguir distinguir com facilidade.

O software Surfdriver tem diferentes aspetos que o tornam muito útil, tal como a capacidade de deixar transparente uma determinada camada, de forma a que se possam visualizar camadas inferiores. A transparência de cada objeto é regulável, podendo observar-se cada músculo na sua posição natural. O modelo pode, ainda, ser rodado, aumentado, diminuído e a superfície dos objetos pode ser substituída por qualquer outra textura ou cor.

Uma desvantagem deste modelo criado é a dificuldade de apresentar os músculos com a orientação correta das fibras musculares mostradas na superfície (Sanders & Mu, 2016).

SURFdriver 3.5 + 3D-Doctor + Cinema 4D + Cortona VRML 6.0

Neste estudo foram usadas imagens crio-seccionadas. Uma vez que apresentam imagens coloridas de alta qualidade são melhores do que RM e TC.

Foram usados 4 softwares neste estudo: SURF-driver 3.5 para a segmentação, registo, *surfacing* e análise quantitativa; 3D-Doctor para simulação, animação e aplicação de protótipos rápidos; Cinema 4D para modelagem fotorealística e topológica; e, por fim, Cortona VRML 6.0 para a visualização de cenas na internet.

A posição espacial de *ethmoidal labyrinth air cells* (ELACs) foi identificada para a reconstrução de modelos de superfície a partir de imagens seccionais com a utilização do software Surfdriver.

Neste caso foi usado o software Surfdriver para a criação de um modelo tridimensional de superfície. Após a criação do mesmo, o modelo foi convertido para formato DXF para ser processado por 3D-Doctor e Cinema 4D.

No software Cinema 4D, foi usado o módulo da renderização avançada para a criação de modelos tridimensionais realistas. Os resultados podem ser muito realistas, embora consumam muito tempo. A topologia, no contexto dos investigadores, foi definida como gráfico de conectividade tridimensional das estruturas anatómicas para os nomes dados às partes corporais correspondentes. Portanto, a informação topológica fornece a inter-relação entre estruturas.

O modelo em formato DXF podia também ser exportado com o formato VRML para a sua exibição na internet.

Cada elemento do modelo é descrito através de coordenadas x,y e z que correspondem aos pontos do fim do modelo. O ficheiro que contém toda a informação sobre a malha dos elementos é conhecido como ficheiro STL. O ficheiro DXF pode ser convertido em ficheiro STL com o uso do software 3D-Doctor.

Os softwares Surfdriver e 3D-DOCTOR, em conjunto, podem ser usados, de forma fiável e reproduzível, para a construção de modelos anatómicos tridimensionais a partir de várias secções de estruturas provenientes, como por exemplo, CT, RM e criosecções anatómicas.

A combinação de Surfdriver e 3D-DOCTOR é mais conveniente, facilmente utilizável e com preços acessíveis, do que outras ofertas de pacotes de softwares no mercado, para uso pessoal (Kapakin, 2011).

V3D

Para este estudo e após uma análise crítica do mercado, os investigadores escolheram a técnica de renderização volumétrica avançada, primeiramente introduzida por Peng *et al.* (2010) (como citado em Kahrs & Labadie, 2013) formalmente referenciada como V3D, que se encontra disponível gratuitamente.

Para todos os procedimentos de corte, ordenação, adição de segmentos e conversão de formato foi usado *Ifranview* com a funcionalidade *Advanced Batch Conversion*.

A principal vantagem do V3D, relativamente a outros softwares, é a representação de cores reais em conjunto com uma visualização interativa em tempo real.

Após o download do software V3D, pode-se importar séries de imagens em formato TIFF. O software V3D permite deixar etiquetas com os nomes das estruturas. Isto é útil na localização de estruturas que são mais difíceis de encontrar entre os cortes de imagens.

O software V3D está disponível universalmente e oferece muitas opções para a exploração, como neste estudo, do osso temporal. Imagens TC podem ser importadas para

o software, como um conjunto de imagens TIFF. A capacidade háptica não é possível com V3D. Contudo, sendo usada noutros sistemas, é algo que se poderá adicionar futuramente como um possível *plugin*.

Neste estudo é demonstrada uma solução prática para o entendimento de relações espaciais do osso temporal, usando um software e *datasets* gratuitos.

Essa técnica oferece uma oportunidade de exploração virtual (Kahrs & Labadie, 2013).

Mimics 14.11

Um voluntário do sexo feminino foi submetido a uma TC angiografia contínua e a uma RM mielografia. O modelo tridimensional dos nervos cervicais e estruturas adjacentes foram reconstruídos com o uso do software Mimics baseado em características geométricas do modelo de superfície.

O modelo deste estudo pode ser reduzido, magnificado ou permeabilizado. O mesmo apresenta uma aparência vívida e estereoscópica, com uma distribuição clara e boa continuidade, precisão e integridade.

A obtenção de dados de tecido nervoso torna-se difícil através de imagens seccionais de cadáveres segmentados. Isto acontece porque a integridade e validade dos tecidos nervosos é diminuída aquando do corte com o criomicrotomo, devido ao facto de ser um tecido flexível e à diferença de cor dos nervos com os tecidos circundantes.

Com o uso do software Mimics, imagens bidimensionais podem ser identificadas e separadas e pode ser executada a reconstrução tridimensional. Neste estudo, foi usada uma segmentação semiautomática de várias estruturas de interesse. O modelo tridimensional da coluna desde a vértebra C1 até à vértebra T3 foi reconstruído com o uso do algoritmo *Marching Cubes*. O modelo tridimensional final foi revelado através de fragmentos triangulares. Posteriormente, o modelo foi exportado em formato STL.

O modelo digital desta investigação pode exibir estruturas complicadas usando várias cores e múltiplas estruturas.

As imagens reconstruídas também podem ser animadas para simular uma dissecação, para rodar e recombina em qualquer direção, o que é muito útil no ensino da anatomia e até nos tratamentos clínicos. Portanto, a visualização digital dos modelos anatómicos pode ser usada como complemento para o ensino da anatomia.

Após a reconstrução do modelo tridimensional, diferentes tecidos foram mostrados com diferentes cores. Estruturas muito pequenas podiam ser aumentadas. A relação espacial entre diferentes estruturas poderá ser observada através de diferentes ângulos e planos.

O modelo da investigação de Cao *et al.* (2013) não apresenta desvantagens como danificação do tecido e perda de informação anatómica. Apresenta, ainda, uma aparência tridimensional realista. Isto deve-se ao facto de ter sido usado um corpo vivo em vez de um cadáver.

Os dados originais deste modelo foram de fácil obtenção, o que diminuiu significativamente os custos e permite futuras investigações (Cao *et al.*, 2013).

IV. Discussão

Os cadáveres normalmente exibem algum grau de dano tecidular devido ao manuseio e armazenamento, o que pode alterar a estrutura espacial (Cao *et al.*, 2013). Essas limitações não permitem uma reconstrução ótima com o delineamento de pormenores. Os esforços feitos anteriormente para a reconstrução tridimensional de modelos anatómicos a partir de segmentos histológicos foram dificultados pela preparação de tecido, o que induziu algumas reconstruções em erro (Li *et al.*, 2006).

Com a alteração dos tecidos, na dissecação, os alunos não podem obter uma compreensão completa das estruturas anatómicas. Além disso, ao utilizar os atlas anatómicos bidimensionais, os alunos devem imaginar as relações tridimensionais (Cao *et al.*, 2013).

Em comparação com dissecações de cadáveres de uso único, modelos anatómicos virtuais podem representar uma metodologia eficaz, fornecendo suporte para a aprendizagem anatómica, introdução e treino de técnicas cirúrgicas. Os modelos digitais fornecem um método simplificado para ilustrar estruturas e procedimentos, podendo ser usados repetidamente pelo aluno num ambiente individualizado não oferecido no laboratório da dissecação de cadáveres (Ribaupierre & Wilson, 2012). O ensino assistido por computador, focado nas reconstruções anatómicas, tem um papel importante no fornecimento de experiências de aprendizagem inovadoras para os estudantes (Yeung *et al.*, 2010).

Segundo Yeung *et al.* (2010), há estruturas anatómicas que não justificam a elaboração de modelos tridimensionais, como por exemplo, os ossos do carpo. Os autores sugerem que os ossos do carpo são automaticamente orientados em dois planos, consequentemente, a visualização tridimensional dos mesmos não traz vantagem sobre a técnica de aprendizagem tradicional.

É importante que haja uma boa qualidade de imagens originais para que no delineamento e contorno de estruturas, seja possível a reconstrução de todas as estruturas pretendidas, até as mais pequenas (Li *et al.*, 2006). Wu *et al.* (2012), referem que uma alta resolução de imagens seccionais do *dataset* e uma cuidadosa segmentação podem oferecer resultados de alta fidelidade para futuras reconstruções, especialmente se essas

reconstruções forem de objetos pequenos, os quais são difíceis de distinguir numa TC ou RM convencional (como citado em Liu *et al.*, 2013).

Sorensen *et al.* (2009) referem que os modelos tridimensionais teriam mais valor se houvesse algum dispositivo háptico, para que os utilizadores pudessem sentir fisicamente os modelos anatómicos (como citado em Jang *et al.*, 2011).

Os modelos 3D baseados em imagens de CT ou RM têm alguma dificuldade na definição e resolução (Hiramatsu *et al.*, 2008; Chen *et al.*, 2012; Brouwer *et al.*, 2012 – citados por Liu *et al.*, (2013).

Um aspeto importante do processamento de imagens médicas, é a extensibilidade do software. É importante que se consigam fazer atualizações e alterações no software em questão sem perturbar o trabalho dos utilizados. Por esse motivo, os softwares baseados na web apresentam vantagens (Kapakin, 2011).

Cada software tem as suas próprias vantagens e desvantagens e nenhum software contém *per si* todas as funções necessárias para uma reconstrução tridimensional de qualidade de um modelo anatómico (Shin & Park, 2016).

Ao comparar modelos estereolitográficos e modelos tridimensionais fabricados, os últimos aparentam ter menor tempo e menor custo de produção. Contudo, quando há a necessidade de reconstrução de estruturas complexas, o método de escolha deve ser estereolitografia. Com a estereolitografia é possível obter uma estrutura geométrica complexa com diâmetros pequenos a partir de estruturas muito pequenas. Muitas formas geométricas, que não podem ser obtidas através da fresagem, por motivos técnicos, podem ser obtidas através da estereolitografia. Por esses motivos, a estereolitografia é considerada uma técnica superior, visto que não há limitações na produção de objetos ocos, de estruturas anatómicas complexas (Kapakin, 2011).

Houve relato de dificuldades e limitações na confeção de modelos tridimensionais de alguns dos estudos da presente revisão sistemática, conforme se constatou no estudo de Yeung *et al.* (2010) onde foram apresentadas limitações na resolução do *dataset*, impedindo a reconstrução de percursos de nervos cranianos.

No estudo de Li *et al.* (2006), não foram alcançadas as metas de um método ideal de extração de informação tecidual detalhada, uma vez que estruturas pequenas, como por exemplo, ossículos e elementos do ouvido interno, não puderam ser reconstruídos devido a uma baixa resolução das imagens originais. Alguns erros são inevitáveis devido ao facto que o delineamento de algumas estruturas, ou partes das mesmas, não estarem claramente discerníveis.

Os autores Park *et al.* (2013), referem que tiveram dificuldades no acesso ao *dataset* e que as imagens seccionais não puderam ser carregadas em conjunto com as imagens modificadas por cor, limitando assim a reconstrução tridimensional do modelo anatómico.

A limitação do estudo de Chung & Park (2020) baseou-se no tamanho da amostra, ou seja, as imagens seccionais obtidas foram de um só cadáver. Ainda, Cao *et al.* (2014), também referem que a limitação do seu estudo foi o tamanho da amostra, sendo só um corpo. Para estudos futuros, é requerido um maior número de sujeitos.

Também foram relatadas dificuldades na utilização de softwares. Como tal, considerou-se que a principal desvantagem da utilização do software Windsurf versão 3.5 é o tempo necessário até atingir o resultado desejado (Kanté *et al.*, 2020a, 2020b, 2020c; Daou *et al.*, 2020). Park *et al.* (2013) referem que o software Maya é caro e de difícil interpretação.

Chung & Park (2019) relatam que se confrontaram com algumas limitações na utilização de softwares que utilizam as imagens da RM. Primeiramente, a maioria desses softwares só reconhecem o formato DICOM, o que requer o uso de *Photoshop* para a conversão do formato de ficheiros. Cumulativamente, a maioria dos softwares de RM reconstrói os modelos através do que está escrito no cabeçalho da imagem em causa. Com isto, é necessário que os dados e o número do segmento estejam corretamente ordenados.

A reconstrução volumétrica com a cor verdadeira dos tecidos permite a transformação de imagens bidimensionais em modelos anatómicos tridimensionais. A limitação destas reconstruções é a necessidade de softwares caros e conhecimentos técnicos sobre os mesmos (Kahrs & Labadie, 2013).

Existem algumas limitações inerentes relativas ao modelo da investigação de Nguyen & Wilson (2009), nos seguintes passos: o uso de material cadavérico, o desenvolvimento do software, as limitações na digitalização da TC e a tecnologia aplicada para exibir o modelo virtual.

A primeira limitação é relativa às alterações *post mortem* devido à decomposição de tecido, apresentando um aspeto diferente comparativamente com a anatomia de um paciente vivo. Por isso, os dados *in vivo* necessitam ser usados para aumentar o realismo e qualidade de reconstruções. De seguida, o número de reconstruções produzidas e a precisão das mesmas é limitada pela capacidade do utilizador de, fisicamente, identificar estruturas anatómicas em imagens bidimensionais separadas, influenciado também pela resolução dessas imagens. Devido a essa limitação, estruturas pequenas, como nervos cranianos, suturas, vasos pequenos, nódulos linfáticos e, no geral, estruturas com densidade tissular semelhante, tais como músculos das expressões faciais, não são facilmente identificados para a reconstrução. Estas estruturas, ou são demasiado difíceis de distinguir e delinear em imagens de TC, ou não aparecem nessas imagens devido à falta de resolução das imagens. Adicionalmente, outras fontes de obtenção de dados volumétricos, com melhor contraste de tecidos moles, poderão ser usadas para facilitar futuras reconstruções, tais como a ressonância magnética e imagens fotográficas realistas de secções de um cadáver congelado sem fixantes.

A segunda limitação consiste na redução de detalhe anatómico, através da suavização, no modelo final, para a sua visualização num ecrã de computador.

Por fim, exibir um modelo digital num ecrã de computador ou projetar numa tela requer processadores gráficos de velocidade ultra elevada que, por sua vez, permite uma manipulação em tempo real. À medida que a visualização se torna mais complexa, será necessário mais tempo para processar a imagem que se pretende, o que diminui a habilidade do utilizador de interagir e manipular objetos em tempo real (Nguyen & Wilson, 2009).

Os modelos anatómicos tridimensionais devem ser sempre supervisionados por um anatomista aquando da identificação das estruturas anatómicas (Liu *et al.*, 2013). Durante a criação do modelo pode haver distorção de algumas estruturas (Kim *et al.*, 2015). Por isso, para que o modelo fique correto anatomicamente, é necessário que as suas estruturas se encontrem na posição exata, permitindo que qualquer erro possa ser corrigido por um

anatomista (Shin *et al.*, 2012a). Ainda, se for necessário qualquer divisão das partes anatómicas na construção do modelo anatómico tridimensional para facilitar a sua interpretação, essa tarefa deverá ser feita por um profissional (Shin & Park, 2016).

Os diferentes estudos, incluídos na presente revisão sistemática, apresentam diversas utilidades na área da anatomia, por exemplo, é esperado que o modelo elaborado por Yeung *et al.* (2010), capte a atenção dos alunos, uma vez que é uma metodologia inovadora para a visualização dos modelos tridimensionais.

O estudo de Kim *et al.* (2015) foi muito útil para entender melhor as relações anatómicas e perceber onde devemos focar a nossa atenção aquando da cirurgia ortognática.

Os resultados do estudo de Chung & Park (2020), podem ser usados para auxílio na interpretação de imagiologia clínica, como RM e TC e, também, para estudo da neuroanatomia e neurocirurgia.

Do estudo de Park *et al.* (2010), é esperado que a sua técnica seja utilizada para uma segmentação imagiológica rápida e precisa, incluindo RM.

Os modelos construídos pelos autores Shin *et al.* (2012b), têm as seguintes utilidades: prática de neurocirurgia, ensino da anatomia, jogos de computador (exemplo: departamento de emergência virtual) e interpretação de imagiologia clínica (exemplo: RM).

Os estudos feitos pelos autores Kanté *et al.* (2020a, 2020b, 2020c) e Daou *et al.* (2020), contribuem para o ensino da anatomia e uma melhor compreensão por parte dos estudantes, no treino cirúrgico de cirurgiões antes das operações e também pode ser usado como um atlas para simulações de prática clínica.

O modelo de superfície criado no estudo de Shin & Park (2016) tem várias aplicabilidades, tais como, elaboração de um atlas do cérebro com anatomia, função e patologia.

A investigação feita por Li *et al.* (2014), oferece um cérebro humano interativo com 3 diferentes pontos de vista e um modelo tridimensional, o que difere de livros e altas impressos, entre outros.

O modelo tridimensional de Li *et al.* (2006) providencia oportunidades contínuas na educação médica, diagnóstico e tratamento de doenças. Com esta investigação, foram alcançados novos objetivos da investigação do humano visível e servirá como base para futuras investigações no domínio da simulação de operações.

Os utilizadores do modelo feito por Liu *et al.* (2013), têm a oportunidade para ultrapassar as limitações de um estudo mais passivo e ganhar experiência na anatomia de partes mais complicadas. Este tipo de modelo, futuramente, pode ser usado como uma plataforma para investigações e uma ferramenta clínica com a função de assistente remoto, integrando realidade virtual e técnicas de comunicação. Este modelo também pode providenciar ajuda significativa na telemedicina, incluindo ajuda nas decisões médicas em formato online, diagnóstico em longa distância e simulações de cirurgias.

Para estudantes de medicina, investigadores e cirurgiões, os modelos de Kapakin (2011) contribuem para que se possa praticar interativamente as estruturas anatómicas, tendo uma melhor noção do espaço e da relação das mesmas, permitindo uma melhor e mais eficiente compreensão de estruturas anatómicas. Estes modelos têm um valor pedagógico muito grande porque podem ser usados para o estudo da anatomia, patologia, acessos cirúrgicos, técnicas de reconstrução cirúrgicas, entre outros.

É esperado que imagens seccionais, imagens contornadas e modelos de superfície da cabeça masculina no software e no ficheiro PDF ajude os estudantes a entender tanto a anatomia topográfica como a seccional e, também, a neuroanatomia (Shin *et al.*, 2012a).

O modelo digital do estudo de Cao *et al.* (2013), pode ser usado como suplemento aos atlas no ensino da anatomia. Por outro lado, também poderá ser usado para examinar e estudar a anestesia do plexo cervical ou para simulações cirúrgicas.

Durante a escrita da presente revisão sistemática houve confronto com algumas dificuldades e limitações. Em primeiro lugar, o número de artigos incluídos foi pequeno pois, trata-se de um tema recente. Em segundo lugar, a metodologia descrita para a confecção de modelos tridimensionais anatómicos, por vezes, encontrava-se com falta de aprofundamento sobre os procedimentos feitos. Além disso, foi notória a discrepância na seleção do software para atingir o objetivo da reconstrução tridimensional dos modelos anatómicos. Ainda, não houve consenso relativamente aos procedimentos anteriores à reconstrução, tais como, tamanho da amostra, tamanho de secção de corte, seleção da ferramenta de obtenção de dados. Por este motivo, são necessários mais estudos para determinar a composição e tamanho ideais da amostra; as ferramentas necessárias para obtenção de dados da amostra; os softwares, individualmente ou em combinação, para reconstruir cada estrutura anatómica de forma acessível e precisa; e finalmente, o desenvolvimento de uma árvore de decisão para determinação do protocolo ideal para cada estrutura.

V. Conclusão

A presente revisão sistemática teve como objetivo responder à pergunta de investigação: “Qual(is) o(s) método(s) mais eficaz(es) e acessível(is) de construção de estruturas anatómicas tridimensionais para a visualização tridimensional ética e acessível das estruturas anatómicas da cabeça e de pescoço?”.

Os vários estudos permitiram analisar estruturas distintas, desde ósseas, musculares, a estruturas nervosas; contudo, não foi possível identificar um tamanho ideal de corte aplicável a todas estruturas anatómicas para a sua posterior reconstrução digital, visto que o tamanho do corte determina o pormenor do mesmo, podendo ser insuficiente para estruturas anatómicas mais reduzidas.

Apesar da diversidade de métodos e da quantidade de estudos analisados, não foi pragmático definir a melhor fonte de informação (cadáver, TC ou RM) para executar esta reconstrução, visto que nenhuma destas é suficiente, por si só, para a execução de uma representação digital tridimensional completa. No entanto, a combinação destas três fontes consegue superar estas limitações, através do complemento de informações únicas a cada uma delas.

Para a construção de modelos representativos do que se pretende estudar, é necessária a inclusão de mais do que um corpo, vivo ou morto, sendo que se encontra indeterminado o tamanho ideal da amostra. Deste modo, é importante a determinação de um tamanho mínimo suficiente para assegurar a fiabilidade dos modelos digitais. A seleção dos corpos não comporta contraindicações definitivas para a seleção dos corpos, exceto a existência de lesão na(s) estrutura(s) anatómica(s) de interesse, sendo indispensável o auxílio dos anatomistas para o delineamento das mesmas.

Não foi possível designar um software que, por si só, tenha a capacidade de executar todos os procedimentos digitais necessários à reconstrução tridimensional das estruturas anatómicas. Não obstante, a combinação de vários softwares permite a obtenção de resultados mais satisfatórios através da complementaridade das suas funcionalidades.

Dada a complexidade das estruturas anatómicas da cabeça e do pescoço e das suas relações espaciais, é possível concluir que a utilização de cadáveres e atlas anatómicos

são insuficientes para a sua total compreensão. Para tal, é importante a implementação de novos métodos de estudo e ensino desta disciplina, como a anatomia digital, como complemento ao estudo e ensino tradicional.

Assim, não foi possível determinar o método mais eficaz e acessível de construção de estruturas anatómicas tridimensionais, apesar de existirem vários métodos evidentemente bem-sucedidos. Por conseguinte, são necessários mais estudos de forma a determinar a composição e tamanho ideais da amostra; as ferramentas necessárias para obtenção de dados da amostra; os softwares, individualmente ou em combinação, para reconstruir cada estrutura anatómica de forma acessível e precisa; e finalmente, o desenvolvimento de uma árvore de decisão para determinação do protocolo ideal para cada estrutura.

VI. Bibliografia

Cao, J. M., Fu, D., & Li, S. (2013). A three-dimensional digital visualization model of cervical nerves in a healthy person. *Neural Regeneration Research*, 8(20), 1829–1836. <https://doi.org/10.3969/j.issn.1673-5374.2013.20.001>

Critical Appraisal Skills Programme. (março 2021). CASP Checklists. <https://casp-uk.net/casp-tools-checklists/>

Chung, B. S., & Park, J. S. (2019). Real-Color Volume Models Made from Real-Color Sectioned Images of Visible Korean. *Journal of Korean Medical Science*, 34(10), e86. <https://doi.org/10.3346/jkms.2019.34.e86>

Chung, B. S., & Park, J. S. (2020). Whole course of pallidothalamic tracts identified on the sectioned images and surface models. *Clinical Anatomy*, 33(1), 66-76. <https://doi.org/10.1002/ca.23468>

Cochrane Effective Practice and Organisation of Care. (2021, fevereiro 27). How to develop a search strategy for an intervention review? EPOC resources for review authors. epoc.cochrane.org/epoc-resources-review-authors

Daou, M., Kanté, M., Diallo, H.B., Uhl, J. F., Park, J. S., Chung, B. S. ... Ongoiba, N. (2020). 3D Vector Reconstruction of the Brain from Anatomical Sections of Korean Visible Human at the Laboratory of Clinical and Digital Anatomy of Paris Descartes University. *Journal of Health and Medical Sciences*, 3(3), 277-287. <https://doi.org/10.31014/aior.1994.03.03.123>

Darras, K. E., Bruin, A. B., Nicolaou, S., Dahlstrom, N., Persson, A., Merrienboer, J. V., & Forster, B. B. (2018). Is there a superior simulator for human anatomy education? How virtual dissection can overcome the anatomic and pedagogic limitations of cadaveric dissection. *Medical Teacher*, 40(7), 752-753. <https://doi.org/10.1080/0142159X.2018.1451629>

Ministério da Justiça. (1999). Decreto-Lei n.º 274/99 – Utilização de cadáveres para fins de ensino e de investigação científica. *Diário da República*, I Série-A (169), 4522-4526.

Erolin, C. (2019). Interactive 3D Digital Models for Anatomy and Medical Education. *Biomedical Visualisation, Advances in Experimental Medicine and Biology*, 1138, 1-16. https://doi.org/10.1007/978-3-030-14227-8_1

Erolin, C., Reid, L., & McDougall, S. (2019). Using virtual reality to complement and enhance anatomy education. *Journal of Visual Communication in Medicine*, 42(3), 93-101. <https://doi.org/10.1080/17453054.2019.1597626>

Fasel, J., Aguiar, D., Kiss-Bodolay, D., Montet, X., Kalangos, A., Stimec, B., & Ratib, O. (2015). Adapting anatomy teaching to surgical trends: a combination of classical dissection, medical imaging, and 3D-printing technologies. *Surgical and Radiologic Anatomy*, 38(3), 361-367. <https://doi.org/10.1007/s00276-015-1588-3>

González, J. P. R., Torres, C. J. V., Ulloa, V. S., Vázquez, I. H., Martínez, D. P., & Galvez, A. A. G. (2019) New technologies applied to the study and application of the digital anatomy. HDM project (human dissection models). 5 years of experience. *Annals of Medicine*, 51(1), 56-57. <https://doi.org/10.1080/07853890.2018.1561926>

Guimarães, B., Dourado, L., Tsisar, S., Diniz, J. M., Madeira, M. D., & Ferreira, M. A. (2017). Rethinking Anatomy: How to Overcome Challenges of Medical Education's Evolution. *Revista Científica da Ordem dos Médicos*, 30(2), 134-140. <http://doi.org/10.20344/amp.8404>

Jang, H. G., Chung, M. S., Shin, D. S., Park, S. K., Cheon, K. S., Park, H. S., & Park, J. S. (2011). Segmentation and surface reconstruction of the detailed ear structures, identified in sectioned images. *The Anatomical Record: Advances in Integrative Anatomy and Evolutionary Biology*, 294(4), 559-564. <https://doi.org/10.1002/ar.21343>

Kahrs, L. A., & Labadie, R. F. (2013). Freely-Available, True-Color Volume Rendering Software and Cryohistology Data Sets for Virtual Exploration of the Temporal Bone

Anatomy. *Journal for Oto-Rhino-Laryngology, Head and Neck Surgery*, 75(1), 46-53.
<https://doi.org/10.1159/000347083>

Kanté, A., Daou, M., Coulibaly, B., Uhl, J. F., Delmas, V., Chevallier, J. M., Ongoiba, N. (2020). 3D Vector Reconstruction of the Atlas from Anatomical Sections of Korean Visible Human at the Laboratory of Clinical and Digital Anatomy of Paris Descartes University. *Journal of Health and Medical Sciences*, 3(3), 260-269.
<https://doi.org/10.31014/aior.1994.03.03.121>

Kanté, A., Daou, M., Coulibaly, B., Uhl, J. F., Delmas, V., & Ongoiba, N. (2020). 3D Vector Reconstruction of the Axis from Anatomical Sections of Korean Visible Human at the Laboratory of Clinical and Digital Anatomy of Paris Descartes University. *International Journal of Medical Science and Health Research*, 4(4), 33-38.
<https://ijmshr.com/view/4/2020>

Kanté, A., Uhl, J. F., Daou, M., Delmas, V., Park, J. S., Chung, B. S., Ba, B., & Ongoiba, N. (2020). 3D Vector Reconstruction of the Typical Cervical Vertebra from Anatomical Sections of Korean Visible Human at the Laboratory of Clinical and Digital Anatomy of Paris Descartes University. *Forensic Medicine and Anatomy Research*, 8(3), 55-63.
<https://doi.org/10.4236/fmar.2020.83006>

Kapakin, S. (2011). Stereolithographic biomodelling to create tangible hard copies of the ethmoidal labyrinth air cells based on the visible human project. *Folia Morphologica*, 70(1), 33-40.
https://www.researchgate.net/publication/51157767_Stereolithographic_biomodelling_to_create_tangible_hard_copies_of_the_ethmoidal_labyrinth_air_cells_based_on_the_visible_human_project

Kim, B. C., Chung, M. S., Park, H. S., Shin, D. S., & Park, J. S. (2015). Accessible and informative sectioned images and surface models of the maxillofacial area for orthognathic surgery. *Folia Morphologica*, 74(3), 346-351.
<https://doi.org/10.5603/FM.2015.0052>

Kocak, M. (2021, maio). *Ressonância magnética*. MSD Manuals. <https://www.msdmanuals.com/pt-pt/profissional/>

Kocak, M. (2021, maio). *Tomografia computadorizada*. MSD Manuals. <https://www.msdmanuals.com/pt-pt/profissional/>

Li, Q., Ran, X., Zhang, S., Tan, L., & Qiu, M. (2014). A digital interactive human brain atlas based on Chinese visible human datasets for anatomy teaching. *Journal of Craniofacial Surgery*, 25(1), 303-307. <https://doi.org/10.1097/SCS.0b013e3182a4c54a>

Li, X. P., Han, D. M., & Zhou, G. H. (2006). Preliminary study on digitized nasal and temporal bone anatomy. *Clinical Anatomy*, 19(1), 32-36. <https://doi.org/10.1002/ca.20164>

Liu, K., Fang, B., Wu, Y., Li, Y., Jin, J., Tan, L., & Zhang, S. (2013). Anatomical education and surgical simulation based on the Chinese Visible Human: A three-dimensional virtual model of the larynx region. *Anatomical Science International*, 88(4), 254-258. <https://doi.org/10.1007/s12565-013-0186-x>

McGuinness, L. A. & Higgins, J. T. P. (2020). Risk-of-bias VISualization (robvis): An R package and Shiny web app for visualizing risk-of-bias assessments. *Research Synthesis Methods*, 12(1), 55-61. <https://doi.org/10.1002/jrsm.1411>

Moore, C. W., Wilson, T. D., & Rice, C.L. (2016). Digital Preservation of Anatomical Variation: 3D-Modeling of Embalmed and Plastinated Cadaveric Specimens using uCT and MRI. *Annals of Anatomy*, 209, 69-75. <https://doi.org/10.1016/j.aanat.2016.09.010>

Murgitroyd, E., Marduska, M., Gonzalez, J., & Watson, A. (2014). 3D digital anatomy modelling – Practical or pretty? *The Surgeon*, 13(3), 177-180. <https://doi.org/10.1016/j.surge.2014.10.007>

Nguyen, N., & Wilson, T. D. (2009). A head in virtual reality: Development of a dynamic head and neck model. *Anatomical Sciences Education*, 2(6), 294-201. <https://doi.org/10.1002/ase.115>

Park, J. S., Chung, M.S., Hwang, S. B., Shin, B. S., & Park, H. S. (2006) Visible Korean Human: Its Techniques and Applications. *Clinical Anatomy*, 19(3), 216-224. <https://doi.org/10.1002/ca.20275>

Park, H. S., Chung, M. S., Shin, D. S., Jung, Y. W., & Park, J. S. (2013). Accessible and informative sectioned images, color-coded images, and surface models of the ear. *Anatomical Record*, 296(8), 1180-1186. <https://doi.org/10.1002/ar.22719>

Park, J. S., Chung, M. S., Chi, J.-G., Park, H. S., & Shin, D. S. (2010). Segmentation of cerebral gyri in the sectioned images by referring to volume model. *Journal of Korean Medical Science*, 25(12), 1710-1715. <https://doi.org/10.3346/jkms.2010.25.12.1710>

Petrieceks, A. H., Peters on, A. S., Angeles, M., Brown, W. P., & Srivastava, S. (2018). Photogrammetry of Human Specimens: An Innovation in Anatomy Education. *Journal of Medical Education and Curricular Development*, 5, 1-10. <https://doi.org/10.1177/2382120518799356>

Prat, G., Costi, D., Uhl, J. F., Rinaldi, G., Sposato, E. R., Scarpelli, F., ... Urbina, N. (2016). Anatomía digital e impression en 3D. *Tercera Época*, 6(5), 1-1. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/58965>

Ribaupierre, S. D., & Wilson, T. D. (2012). Construction of a 3-D anatomical model for teaching temporal lobectomy. *Computers in Biology and Medicine*, 42(6), 692-696. <https://doi.org/10.1016/j.compbiomed.2012.03.005>

Sanders, I., & Mu, L. (2013). A three-dimensional atlas of human tongue muscles. *Anatomical Record*, 296(7), 1102-1114. <https://doi.org/10.1002/ar.22711>

Sociedade Anatómica Portuguesa - Associação Anatómica Portuguesa. (2021, julho). Doar o corpo à ciência. <https://sociedadeanatomica.pt/doar-corpo-a-ciencia/>

Shin, D. S., Chung, M. S., Park, H. S., Park, J. S., & Hwang, S. B. (2011). Browsing software of the Visible Korean data used for teaching sectional anatomy. *Anatomical Sciences Education*, 4(6), 327-332. <https://doi.org/10.1002/ase.249>

Shin, D. S., Chung, M. S., & Park, J. S. (2012). Systematized methods of surface reconstruction from the serial sectioned images of a cadaver head. *Journal of Craniofacial Surgery*, 23(1), 190-194. <https://doi.org/10.1097/scs.0b013e3182418e87>

Shin, D. S., Jang, H. S., Park, J. S., Park, H. S., Lee, S., & Chung, M. S. (2012). Accessible and informative sectioned images and surface models of a cadaver head. *Journal of Craniofacial Surgery*, 23(4), 1176-1180. <https://doi.org/10.1097/SCS.0b013e31825657d8>

Shin, D. S., & Park, S. K. (2016). Surface reconstruction and optimization of cerebral cortex for application use. *Journal of Craniofacial Surgery*, 27(2), 489-492. <https://doi.org/10.1097/SCS.0000000000002352>

Silva, A. R., Valerio, M. M., Neto, P. A., & Filho, A. S. (2017, outubro 20 - novembro 2). Anatomia Digital: um Ambiente Virtual de Apoio ao Processo Ensino-aprendizagem (Simpósio). Anais do XXVIII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação, Recife, PE, Brasil. <https://doi.org/10.5753/cbie.sbie.2017.745>

Singal, A., Bansal, A., Chaudhary, P., Singh, H., & Patra, A. (2020). Anatomy education of medical and dental students during COVID-19 pandemic: a reality check. *Surgical and Radiologic Anatomy*, 43(4), 515-521. <https://doi.org/10.1007/s00276-020-02615-3>

Tang, L., Chung, M. S., Liu, Q., & Shin, D. S. (2010) Advanced Features of whole body sectioned images: Virtual Chinese Human. *Clinical Anatomy*, 23(5), 523-529. <https://doi.org/10.1002/ca.20975>

Trelease, R. B. (2016). From Chalkboard, Slides, and Paper to e-Learning: How Computing Technologies Have Transformed Anatomical Sciences Education. *Anatomical Sciences Education*, 9(6), 583-602. <https://doi.org/10.1002/ase.1620>

Triepels, C., Smeets, C., Notten, K., Kruitwagen, R., Futterer, J., Vergeldt, T., & Kuijk, S. (2019). Does Three-dimensional Anatomy Improve Student Understanding? *Clinical Anatomy*, 33(1), 25-33. <https://doi.org/10.1002/ca.23405>

Uhl, J. F., Huerta, J. R., & Delmas, V. (2019) The technological and educational revolution of digital anatomy: building a 3D vectorial atlas from a set of anatomical slices. *Annals of Medicine*, 51(1), 52-53. <https://doi.org/10.1080/07853890.2018.1561918>

Uhl J.F., Jorge J., Lopes D.S., & Campos, P.F. (2021). Digital Anatomy. Human–Computer Interaction Series. (1st ed.) Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-61905-3_1

Valenzuela, J. L., Ibarra, P. E., Olguín, G. M., & Encina, W.A. (2019). Comparison of 3 data capture systems for the creation of 3D images from cadaveric pieces. *Annals of Medicine*, 51(1), 555-556. <https://doi.org/10.1080/07853890.2018.1561922>

Wu, Y., Luo, N., Tan, L.W., Fang, B. J., Li, Y., Xie, B., ... Zhang, S.X. (2012). Comparative study of thin sectional anatomical images from Chinese Visible Human data set and computed tomography images of superior mediastinum. *Clinical Anatomy*, 25(8), 1051–1061. <https://doi.org/10.1002/ca.22048>

Yeung, J. C., Fung, K., & Wilson, T. D. (2011). Development of a computer-assisted cranial nerve simulation from the visible human dataset. *Anatomical Sciences Education*, 4(2), 92-97. <https://doi.org/10.1002/ase.190>

Yu, X., Shi, Y., Yu, H., Liu, T., An, J., Zhang, L., Su, Y., & Xu, K. (2015). Digital human modeling and its applications: Review and future prospects. *Journal of X-Ray Science and Technology*, 23(3), 385-400. <https://doi.org/10.3233/XST-150489>

Anexos

Questionário *Critical Appraisal Skills Programme*

Tabela 3 – Tabela com as perguntas utilizadas para fazer o risco de enviesamento.

	PERGUNTA	RESPOSTA
D1	Was there a clear statement of the aims of the research?	YES
		NO
		CAN'T TELL
D2	Is a qualitative methodology appropriate?	YES
		NO
		CAN'T TELL
D3	Was the research design appropriate to address the aims of the research?	YES
		NO
		CAN'T TELL
D4	Was the recruitment strategy appropriate to the aims of the research?	YES
		NO
		CAN'T TELL
D5	Was the data collected in a way that addressed the research issue?	YES
		NO
		CAN'T TELL
D6	Has the relationship between researcher and participants been adequately considered?	YES
		NO
		CAN'T TELL
D7	Have ethical issues been taken into consideration?	YES
		NO
		CAN'T TELL
D8	Was the data analysis sufficiently rigorous?	YES
		NO
		CAN'T TELL
D9	Is there a clear statement of findings?	YES
		NO
		CAN'T TELL
D10	How valuable is the research?	NOT VALUABLE
		VALUABLE
		VERY VALUABLE

Tabela 4 – Checklist pela PRISMA 2020.

Section and Topic	Item #	Checklist item	Location where item is reported
TITLE			
Title	1	Identify the report as a systematic review.	CAPA
ABSTRACT			
Abstract	2	See the PRISMA 2020 for Abstracts checklist.	Não efetuado
INTRODUCTION			
Rationale	3	Describe the rationale for the review in the context of existing knowledge.	13-28
Objectives	4	Provide an explicit statement of the objective(s) or question(s) the review addresses.	28
METHODS			
Eligibility criteria	5	Specify the inclusion and exclusion criteria for the review and how studies were grouped for the syntheses.	30
Information sources	6	Specify all databases, registers, websites, organisations, reference lists and other sources searched or consulted to identify studies. Specify the date when each source was last searched or consulted.	29-30
Search strategy	7	Present the full search strategies for all databases, registers and websites, including any filters and limits used.	29
Selection process	8	Specify the methods used to decide whether a study met the inclusion criteria of the review, including how many reviewers screened each record and each report retrieved, whether they worked independently, and if applicable, details of automation tools used in the process.	30
Data collection process	9	Specify the methods used to collect data from reports, including how many reviewers collected data from each report, whether they worked independently, any processes for obtaining or confirming data from study investigators, and if applicable, details of automation tools used in the process.	30-31
Data items	10a	List and define all outcomes for which data were sought. Specify whether all results that were compatible with each outcome domain in each study were sought (e.g. for all measures, time points, analyses), and if not, the methods used to decide which results to collect.	N/A
	10b	List and define all other variables for which data were sought (e.g. participant and intervention characteristics, funding sources). Describe any assumptions made about any missing or unclear information.	31
Study risk of bias assessment	11	Specify the methods used to assess risk of bias in the included studies, including details of the tool(s) used, how many reviewers assessed each study and whether they worked independently, and if applicable, details of automation tools used in the process.	31
Effect measures	12	Specify for each outcome the effect measure(s) (e.g. risk ratio, mean difference) used in the synthesis or presentation of results.	N/A
Synthesis methods	13a	Describe the processes used to decide which studies were eligible for each synthesis (e.g. tabulating the study intervention characteristics and comparing against the planned groups for each synthesis (item #5)).	N/A
	13b	Describe any methods required to prepare the data for presentation or synthesis, such as handling of missing summary statistics, or data conversions.	N/A
	13c	Describe any methods used to tabulate or visually display results of individual studies and syntheses.	31
	13d	Describe any methods used to synthesize results and provide a rationale for the choice(s). If meta-analysis was performed, describe the model(s), method(s) to	31

		identify the presence and extent of statistical heterogeneity, and software package(s) used.	
	13e	Describe any methods used to explore possible causes of heterogeneity among study results (e.g. subgroup analysis, meta-regression).	N/A
	13f	Describe any sensitivity analyses conducted to assess robustness of the synthesized results.	N/A
Reporting bias assessment	14	Describe any methods used to assess risk of bias due to missing results in a synthesis (arising from reporting biases).	31
Certainty assessment	15	Describe any methods used to assess certainty (or confidence) in the body of evidence for an outcome.	N/A
RESULTS			
Study selection	16a	Describe the results of the search and selection process, from the number of records identified in the search to the number of studies included in the review, ideally using a flow diagram.	35
	16b	Cite studies that might appear to meet the inclusion criteria, but which were excluded, and explain why they were excluded.	N/A
Study characteristics	17	Cite each included study and present its characteristics.	36-41
Risk of bias in studies	18	Present assessments of risk of bias for each included study.	42-43
Results of individual studies	19	For all outcomes, present, for each study: (a) summary statistics for each group (where appropriate) and (b) an effect estimate and its precision (e.g. confidence/credible interval), ideally using structured tables or plots.	N/A
Results of syntheses	20a	For each synthesis, briefly summarise the characteristics and risk of bias among contributing studies.	N/A
	20b	Present results of all statistical syntheses conducted. If meta-analysis was done, present for each the summary estimate and its precision (e.g. confidence/credible interval) and measures of statistical heterogeneity. If comparing groups, describe the direction of the effect.	N/A
	20c	Present results of all investigations of possible causes of heterogeneity among study results.	N/A
	20d	Present results of all sensitivity analyses conducted to assess the robustness of the synthesized results.	N/A
Reporting biases	21	Present assessments of risk of bias due to missing results (arising from reporting biases) for each synthesis assessed.	N/A
Certainty of evidence	22	Present assessments of certainty (or confidence) in the body of evidence for each outcome assessed.	N/A
DISCUSSION			
Discussion	23a	Provide a general interpretation of the results in the context of other evidence.	67-73
	23b	Discuss any limitations of the evidence included in the review.	68-70
	23c	Discuss any limitations of the review processes used.	73
	23d	Discuss implications of the results for practice, policy, and future research.	76
OTHER INFORMATION			

Registration and protocol	24a	Provide registration information for the review, including register name and registration number, or state that the review was not registered.	N/A
	24b	Indicate where the review protocol can be accessed, or state that a protocol was not prepared.	N/A
	24c	Describe and explain any amendments to information provided at registration or in the protocol.	N/A
Support	25	Describe sources of financial or non-financial support for the review, and the role of the funders or sponsors in the review.	N/A
Competing interests	26	Declare any competing interests of review authors.	N/A
Availability of data, code and other materials	27	Report which of the following are publicly available and where they can be found: template data collection forms; data extracted from included studies; data used for all analyses; analytic code; any other materials used in the review.	N/A